

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**  
**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

Συμβολή του πρασίνου στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων

**ΡΑΠΤΗ ΜΠΙΜΠΛΙΑ ΦΩΤΕΙΝΗ**

**ΒΟΛΟΣ, 2019**

Συμβολή του πρασίνου στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων  
Ράπη Μπιμπλιά Φωτεινή

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

**Χρήστος Λύκας\***, Επίκουρος καθηγητής Ανθοκομίας,  
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. (\*Επιβλέπων)

**Κωνσταντίνος Κίττας**, Ομότιμος Καθηγητής Γεωργικών Κατασκευών  
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

**Νικόλαος Κατσούλας**, Αναπληρωτής καθηγητής Γεωργικών Κατασκευών,  
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.



Copyright © ΡΑΠΤΗ ΜΠΙΜΠΛΙΑ ΦΩΤΕΙΝΗ, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης, από το Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## Πρόλογος

Το θέμα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής επιλέχθηκε το 2015 αλλά ολοκληρώθηκε το 2019, για προσωπικούς και επαγγελματικούς λόγους. Η συνδρομή του Ορέστη στην επιλογή του θέματος υπήρξε καθοριστική.

Η εργασία αφιερώνεται στον Ορέστη.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα, κ. Χρήστο Λύκα, Επίκουρο Καθηγητή Ανθοκομίας, για τις συμβουλές του, την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου παρείχε για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω, επίσης τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τον Ομότιμο Καθηγητή Γεωργικών Κατασκευών κ. Κίττα Κωνσταντίνο και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Γεωργικών Κατασκευών κ. Νικόλαο Κατσούλα.

Ευχαριστώ τον κ. Κοντογιάννη και τον κ. Κουρνούτο από την Τεχνική Υπηρεσία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς και τον κ. Χούμπλη και την κα. Βάρφη από το τμήμα Οικονομικής Διαχείρισης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις πληροφορίες που μου παρείχαν για το κτίριο της Γεωπονικής Σχολής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου για τις πολύτιμες συμβουλές του , καθώς και για τη βοήθεια του στα μηχανολογικά θέματα της εργασίας. Ευχαριστώ τη φίλη και συνάδελφο Λιλή για όλη τη βοήθεια και τη στήριξη. Τέλος ευχαριστώ τον Ιάσονα για την υπομονή, τη στήριξη και την ενθάρρυνση να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

## Περίληψη

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή, διερευνάται η συμβολή των φυτεύσεων στην βιοκλιματική συμπεριφορά των κτιρίων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που καταναλώνεται στον κτιριακό τομέα, οφείλεται στην προσπάθεια επίτευξης ιδανικών συνθηκών άνεσης, με χρήση μηχανολογικό εξοπλισμό . Ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη την απαίτηση για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, από το πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού, μετατρέποντας τα ίδια τα κτίρια σε ενεργειακά και εναρμονίζοντας τους ανοιχτούς χώρους με το φυσικό περιβάλλον. Οι αρχές και τα εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, "εκμεταλλεύονται" την τοπογραφία και το μικροκλίμα της περιοχής που μελετάται, με στόχο τις άνετες συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου. Ένα από τα βασικά εργαλεία του βιοκλιματικού Σχεδιασμού είναι το πράσινο. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φυτικών ειδών, αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο στην προστασία του δομημένου περιβάλλοντος, από τους παράγοντες εκείνους του κλίματος, που δημιουργούν προβλήματα στις συνθήκες άνεσης και διαβίωσης των ανθρώπων.

Η εφαρμογή του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, δεν έγκειται μόνο στις εξολοκλήρου νέες επεμβάσεις , αλλά και στις επεμβάσεις σε υπάρχοντα κτίρια, τους χώρους που τους περιβάλλουν, και στους δημόσιους χώρους. Με βάση όλα τα παραπάνω επιλέγεται ένα υπάρχον κτίριο που έχει μεγάλες απαιτήσεις ενέργειας, καθώς εξυπηρετεί καθημερινά ένα μεγάλο πλήθος κόσμου. Πρόκειται για το κτίριο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βόλο. Σε πρώτη φάση γίνεται, η συλλογή όλων των απαραίτητων στοιχείων του κτιρίου, καθώς και των κλιματικών δεδομένων της περιοχής. Με τα παραπάνω στοιχεία γίνεται η βιοκλιματική αξιολόγηση του κτιρίου, ώστε να προκύψουν οι στόχοι της παρέμβασης. Στη συνέχεια συντάσσονται σχεδιαστικές προτάσεις διαμόρφωσης, μέσα και έξω από το κτίριο, όπου ένα από τα βασικά εργαλεία είναι οι φυτεύσεις. Βιοκλιματικός στόχος είναι η δημιουργία μικροκλίματος που να "ευνοεί" το κτίριο και τις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του. Ταυτόχρονα ο περιβάλλον χώρος αντιμετωπίζεται σαν μία συνέχεια του κτιρίου, ώστε να έχουν τη δυνατότητα οι χρήστες να κινηθούν με άνεση και έξω από τα όρια του κτιρίου.

## Summary

This study examines the contribution of vegetation to the bioclimatic design of buildings. The greater amount of energy consumed in building sector is due to the effort of achieving optimum comfort conditions, using mechanical equipment. Bioclimatic Design consider the demand for low energy consumption, by designing efficient buildings and attuning outdoor spaces to natural environment. The principles and tools of bioclimatic design "deploy" the landscape and the microclimate of the surrounding area, in order to achieve better comfort conditions. One of the essential tools of Bioclimatic design is vegetation. Special features of plant species are a powerful tool in the protection of built environment from climate factors that cause problems in people's comfort and living conditions.

The application of bioclimatic principles can also be achieved with interventions in existing buildings, surrounding areas, and public spaces. Taking into account the above, we selected an existing building, with high energy requirements that is used by a large amount of individuals, every day. This case study examines the building of the "School of Agricultural Sciences" of the University of Thessaly, in Volos. All necessary data is provided by University's Technical Services, local and national meteorological stations.

All the necessary elements of the building will be collected, as well as the climate data of the area. The bioclimatic evaluation of the building is based on the data mentioned above, in order to achieve the objectives of the intervention. Planting is the key elements of design suggestions for both indoor and outdoor spaces. Bioclimatic design's target is to create microclimate that favors the building's environment and comfort conditions inside it. At the same time, the outdoor space is treated as a continuation of the building so that users can also move comfortably outside the building boundaries.

Εγώ η Ράπη Μπιμπλιά Φωτεινή, είμαι η συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε.. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από την κα Ράπη Μπιμπλιά Φωτεινή.

## Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή .....	1
1.1	Περιβάλλον και Ενέργεια .....	2
1.2	Βιοκλιματικός Σχεδιασμός .....	5
1.3	Κλίμα .....	6
1.4	Συνθήκες Άνεσης .....	8
1.4.1	Θερμική άνεση .....	8
1.4.2	Οπτική άνεση .....	12
1.4.3	Ακουστική άνεση .....	13
1.5	Αρχές και Εργαλεία του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....	14
1.5.1	Τα παθητικά ηλιακά συστήματα .....	15
1.5.2	Παθητικά συστήματα δροσισμού .....	16
1.5.3	Το αίθριο στο βιοκλιματικό σχεδιασμό .....	17
1.6	Βιοκλιματικός σχεδιασμός ανοικτών χώρων .....	17
1.6.1	Η βλάστηση .....	17
1.6.2	Τα υλικά επίστρωσης .....	18
1.6.3	Οι επιφάνειες νερού .....	18
1.7	Σκοπός της εργασίας .....	20
2	Μεθοδολογία .....	21
3	Αποτελέσματα .....	22
3.1	Περιοχή μελέτης .....	22
3.2	Κλιματικά δεδομένα περιοχής μελέτης .....	31
3.2.1	Κλιματική ζώνη .....	31
3.2.2	Κλίμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης .....	31
3.2.3	Μικροκλίμα .....	35
3.3	Βιοκλιματική αξιολόγηση κτιρίου .....	36
3.3.1	Θερμική άνεση .....	36
3.3.2	Οπτική άνεση .....	40
3.3.3	Ακουστική άνεση .....	40
3.4	Βιοκλιματική αξιολόγηση περιβάλλοντα χώρου .....	41
3.5	Βιοκλιματικός στόχος της πρότασης .....	42

3.6	Κεντρική Συνθετική Ιδέα .....	44
3.6.1	Ψυχρή περίοδος .....	44
3.6.2	Θερμή περίοδος .....	44
3.6.3	Κεντρικό τμήμα κτιρίου.....	44
3.6.4	Περιβάλλον χώρος .....	45
3.7	Γενικό Σχέδιο Πρότασης .....	47
3.7.1	Αρχιτεκτονική σύνθεση .....	47
3.7.2	Πρόταση φύτευσης .....	49
3.7.3	Φυτικά είδη .....	52
3.8	Ολοκληρωμένη διαχείριση νερού .....	59
3.9	Διαχείριση των όμβριων υδάτων .....	59
3.9.1	Εκτίμηση της ποσότητας του νερού για δροσισμό.....	59
3.9.2	Επεξεργασία των ομβρίων για χρήση στο σύστημα δροσισμού.....	60
3.10	Διαχείριση υγρών αποβλήτων .....	62
3.10.1	Εκτίμηση της ποσότητας των υγρών αποβλήτων του κτιρίου .....	62
3.10.2	Δεδομένα για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης καθαρισμού των υγρών αποβλήτων .....	63
3.10.3	Επιλογή μεθόδου καθαρισμού των υγρών αποβλήτων και διαστασιολόγηση της εγκατάστασης .....	63
3.10.4	Τρόπος λειτουργίας της εγκατάστασης.....	64
3.10.5	Πλεονεκτήματα του συστήματος καθαρισμού .....	64
4	Συμπεράσματα .....	66
5	Βιβλιογραφία .....	70
	Παράρτημα Α .....	74
	Παράρτημα Β.....	81



Πίνακας 1-1 Παγκόσμια τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά περιοχή σε (Mtoe) Μεγατόνους ισοδύναμου πετρελαίου (1Mtoe = 41,868 *10 <sup>9</sup> MJ) (πηγή:(Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018)).....	2
3-1 Πίνακας κλιματικών δεδομένων, μετεωρολογικού σταθμού της ΕΜΥ στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής, στο Βόλο για την περίοδο 1958-1983, υψόμετρο 15 μέτρα (πηγή : (ΕΜΥ, n.d.). ....	32
3-2 Πίνακας που διαμορφώθηκε από τα κλιματικά στοιχεία της περιόδου 2007-2018, από τον μετεωρολογικό σταθμό του Βόλου, ιδιοκτησίας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (πηγή : (ΕΑΑ, n.d.).....	33
Πίνακας 3-3 Κλιματικά στοιχεία των δυσμενέστερων μηνών χειμώνα – καλοκαιριού από το μετεωρολογικό σταθμό της Αγχιάλου (πηγή : (ΤΟΤΕΕ, 20701-3/2010).....	35
Πίνακας 4-1 Τα τετραγωνικά επιφάνειας που μεταβάλλονται πριν και μετά την πρόταση, δε συμπεριλαμβάνεται το τμήμα του γηπέδου με τις βοηθητικές εγκαταστάσεις και το τμήμα που βρίσκονται οι πύργοι της ΔΕΗ, εκτός από την περίπτωση της ασφάλτου.....	68
Γράφημα 1-1 Κατανάλωση τελικής ενέργειας την περίοδο 1990-2016 ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε Mtoe (πηγή:(Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018)).....	3
Γράφημα 1-2 Κατανάλωση τελικής ενέργειας την περίοδο 1990-2016 ανά καύσιμο στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε Mtoe (πηγή:(Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018)) .....	4
Γράφημα 1-3 Ψυχομετρικό διάγραμμα σύμφωνα με τον ψυχομετρικό χάρτη του Givoni που απεικονίζει την περιοχή θερμικής άνεσης και ορίζει τις απαιτήσεις που υπάρχουν σε ψύξη και θέρμανση όσο οι εσωτερικές συνθήκες απομακρύνονται από την περιοχή θερμικής άνεσης (πηγή : (Manzano-Agugliaro et al., 2015)) .....	12
Εικόνα 0-1 Θερμικά κέρδη από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα, με σκίαση στα ανοίγματα για το καλοκαίρι (πηγή : (Manzano-Agugliaro et al., 2015)).....	15
Εικόνα 0-2 Παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσης ακτινοβολίας. α. Ηλιακός τοίχος μάζας, b. ηλιακό θερμοκήπιο, c. ηλιακός τοίχος trombe, d. ηλιακό αίθριο (πηγή : (Manzano-Agugliaro et al., 2015) .....	16

Εικόνα 0-1 Η πόλη του Βόλου, με κίτρινο σημειώνεται η περιοχή μελέτης, με το κτίριο και τον περιβάλλοντα χώρο του (ημερομηνία αεροφωτογραφίας 30/08/2015, πηγή : (GoogleEarth, 2018)).....	22
Εικόνα 0-2 Η περιοχή μελέτης, με κίτρινο σημειώνονται τα όρια του οικοπέδου (ημερομηνία αεροφωτογραφίας 30/08/2015, πηγή : (GoogleEarth, 2018)).....	23
Εικόνα 0-3 Η εγκάρσια τομή σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης (πηγή : (Βικέλας & Σκρουμπέλος, 1997) ).....	28
Εικόνα 0-4 Η εγκάρσια τομή του κτιρίου, όπως είναι σήμερα.....	29
Εικόνα 0-5 Η διαμήκης Τομή, όπως προτάθηκε από τη μελέτη (πηγή : (Βικέλας & Σκρουμπέλος, 1997) ).....	30
0-6 Η διαμήκης Τομή, όπως είναι σήμερα.....	30
Εικόνα 0-1 Επίδραση ανέμων και ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο κατά τη χειμερινή περίοδο.....	37
Εικόνα 0-2 Επίδραση ανέμων και ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο κατά τη θερινή περίοδο.....	38
Εικόνα 0-1 Διάγραμμα ροής του συστήματος διαχείρισης των ομβρίων.....	61
Εικόνα 0-1 Γενική διάταξη μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.....	65
Εικόνα 0-2 Τυπική Τομή Υπόγειου Φίλτρου.....	65
Εικόνα 0-1 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 1.....	75
Εικόνα 0-2 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 2.....	76
Εικόνα 0-3 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 3.....	77
Εικόνα 0-4 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 4.....	78
Εικόνα 0-5 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 5.....	79
Εικόνα 0-6 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 6.....	80
Εικόνα 0-7 Κάτοψη προσομοίωσης ηλιασμού για την ψυχρή και τη θερμή περίοδο. Η επάνω σειρά απεικονίζει τη σκίαση για τις 15/01 στις 10.00, στη 13.00 και στις 16.00, ξεκινώντας από αριστερά. Από κάτω η σκίαση για τις 25/06, για τις ίδιες ώρες.....	82

Εικόνα 0-8 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοίωσης ηλιασμού για τις 15/01 στις 10.00, στη 13.00 και στις 16.00 ξεκινώντας από αριστερά. Η επάνω σειρά απεικονίζει τη Νότια και τη Δυτική όψη, η μεσαία τη Νότια και η κάτω σειρά τη Νότια και την Ανατολική όψη. ....	83
Εικόνα 0-9 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοίωσης ηλιασμού για τις 25/06 στις 10.00, στη 13.00 και στις 16.00 ξεκινώντας από αριστερά. Η επάνω σειρά απεικονίζει τη Νότια και τη Δυτική όψη, η μεσαία τη Νότια και η κάτω σειρά τη Νότια και την Ανατολική όψη. ....	84
Εικόνα 0-10 Διαγραμματική απεικόνιση της κίνησης του αέρα, πριν και μετά την επέμβαση, στους χώρους του ισογείου .....	85
Εικόνα 0-11 Διαγραμματική απεικόνιση της κίνησης του αέρα, πριν και μετά την επέμβαση, στους χώρους του ορόφου .....	86
Εικόνα 0-12 Διαγραμματική απεικόνιση των ζωνών φωτισμού πριν και μετά την πρόταση επέμβασης στους χώρους του ισογείου. Με κίτρινο σημειώνονται οι ζώνες σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ .....	87
Εικόνα 0-13 Εικόνα 0-14 Διαγραμματική απεικόνιση των ζωνών φωτισμού πριν και μετά την πρόταση επέμβασης στους χώρους του ορόφου. Με κίτρινο σημειώνονται οι ζώνες σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ .....	88

## 1 Εισαγωγή

Η ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που καταναλώνεται στο δομημένο περιβάλλον, οφείλεται στην προσπάθεια επίτευξης ιδανικών συνθηκών άνεσης με μηχανολογικό εξοπλισμό. Ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη την απαίτηση για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, από το πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού, μετατρέποντας τα ίδια τα κτίρια σε ενεργειακά και εναρμονίζοντας τους ανοιχτούς χώρους με το φυσικό περιβάλλον. Οι αρχές και τα εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, "εκμεταλλεύονται" την τοπογραφία και το μικροκλίμα της περιοχής που μελετάται, με στόχο τις άνετες συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου. Ένα από τα βασικά εργαλεία του βιοκλιματικού Σχεδιασμού είναι το πράσινο. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φυτικών ειδών, αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο στην προστασία του δομημένου περιβάλλοντος, από τους παράγοντες εκείνους του κλίματος, που δημιουργούν προβλήματα στις συνθήκες άνεσης και διαβίωσης των ανθρώπων.

Η εφαρμογή του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, δεν έγκειται μόνο στις εξολοκλήρου νέες επεμβάσεις, αλλά και στις επεμβάσεις σε υπάρχοντα κτίρια, τους χώρους που τους περιβάλλουν, και στους δημόσιους χώρους συνολικά στο αστικό δομημένο περιβάλλον. Το ισχυρότερο εργαλείο για το βιοκλιματικό σχεδιασμό του περιβάλλοντος χώρου ενός κτιρίου είναι η βλάστηση. Τα φυτά με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μπορούν να συμβάλλουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στην βελτίωση της βιοκλιματικής λειτουργίας ενός κτιρίου. Ο περιβάλλον χώρος πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν μία συνέχεια του κτιρίου, ώστε να έχουν τη δυνατότητα οι χρήστες να κινηθούν με άνεση και έξω από τα όρια του κτιρίου.

## 1.1 Περιβάλλον και Ενέργεια

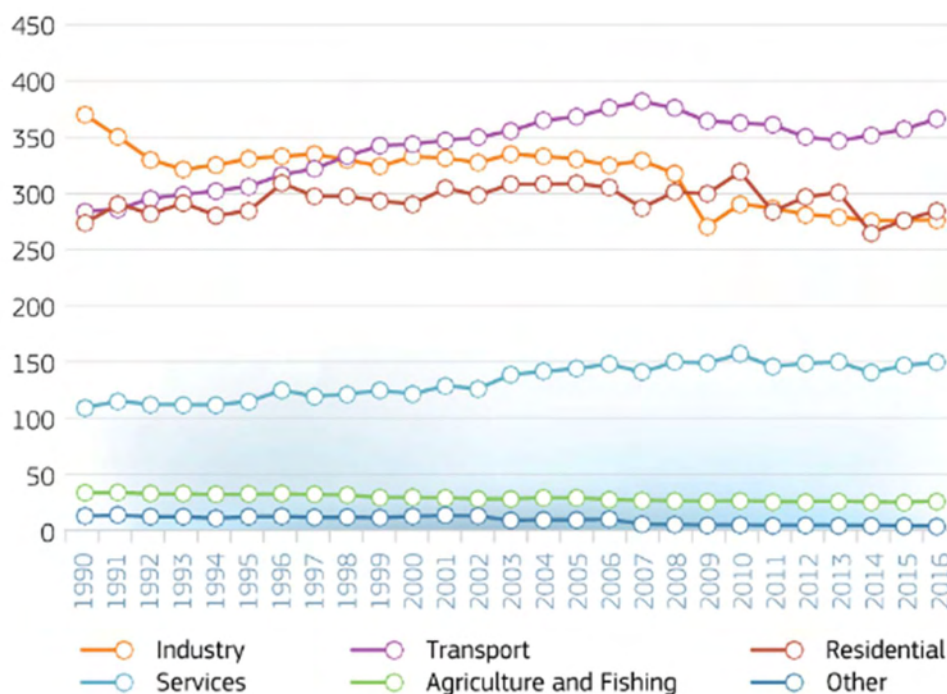
Η συζήτηση για το φυσικό περιβάλλον και τη διατήρηση του, είναι σήμερα πιο επίκαιρη από ποτέ. Η οικονομική ανάπτυξη του προηγούμενου αιώνα είχε ως συνέπεια, την πορεία προς την εξάντληση των φυσικών πόρων και τη συνεχόμενη παραγωγή στερεών και υγρών αποβλήτων, με αποτέλεσμα τη ρύπανση της ατμόσφαιρας και τη διατάραξη των οικοσυστημάτων του πλανήτη (Ανδρεαδάκη, 2006). Παράλληλα η συνεχής τεχνολογική ανάπτυξη οδήγησε στη ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά (Αξαρχή, 2009). Πρόκειται για μία συνάρτηση με πολλές συνισταμένες, καθώς όσο αναπτύσσεται η οικονομία, τόσο βελτιώνεται το βιοτικό επίπεδο (ποιοτική αύξηση), με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας για τη διατήρηση, αλλά και περαιτέρω βελτίωση του. Η συνάρτηση αυτή αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα ποσοτικά, όπου δίνεται η τελική κατανάλωση ενέργειας, ανά περιοχή παγκοσμίως. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση είναι η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τους τελικούς χρήστες και συνήθως χωρίζεται σε τομείς (βιομηχανία, μεταφορές, τριτογενής τομέας κλπ).

Πίνακας 1-1 Παγκόσμια τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά περιοχή σε (Mtoe) Μεγατόνους ισοδύναμου πετρελαίου (1Mtoe = 41.,868 \*10<sup>9</sup>MJ) (πηγή:(Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018)).

Mtoe	1995	2000	2005	2010	2015	2016
<b>Ε.Ε. -28</b>	1132	1179	1242	1207	1118	1138
<b>ΚΙΝΑ</b>	791	791	1234	1635	1966	1978
<b>ΗΠΑ</b>	1378	1546	1563	1513	1508	1515
<b>ΑΣΙΑ</b> (εκτός της Κίνας)	1077	1212	1359	1552	1706	1745
<b>ΡΩΣΙΑ</b>	458	418	412	447	457	470
<b>ΜΕΣΗ ΑΝΑΤΟΛΗ</b>	202	241	313	415	481	483
<b>ΥΠΟΛΟΙΠΟΣ ΚΟΣΜΟΣ</b>	1181	1280	1419	1557	1613	1632
<b>ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ</b>	6543	7035	7978	8832	9428	9555

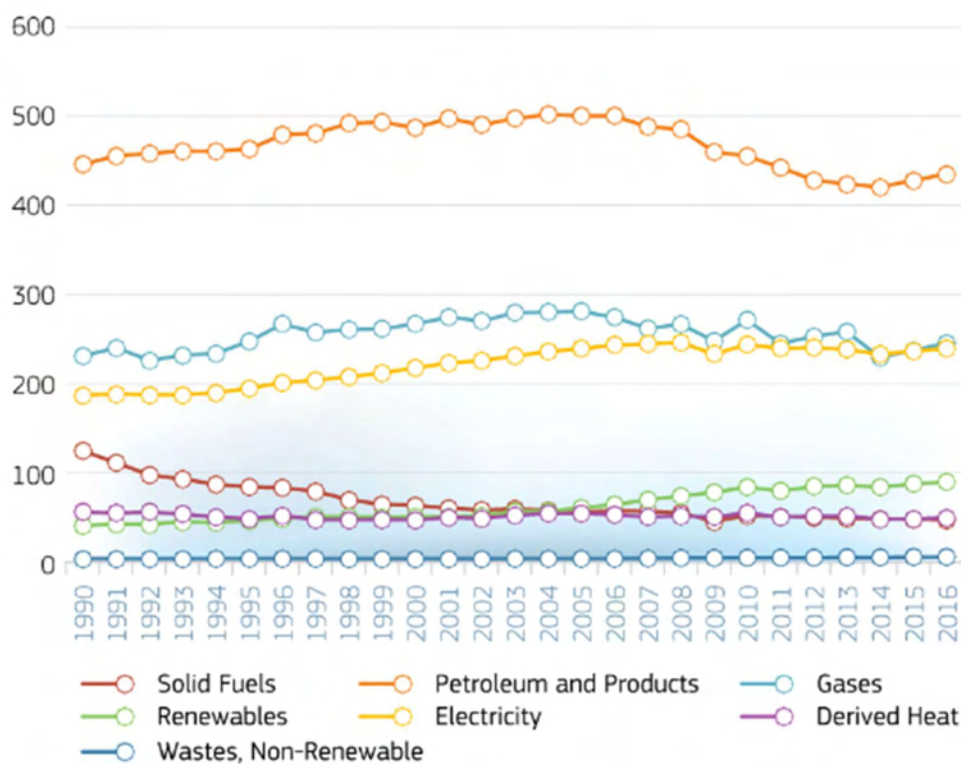
Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η κατανάλωση τελικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο παρουσιάζει σταθερά ανοδική τάση τα έτη 1995-2016, με το ποσοστό αύξησης να ανέρχεται στο 46%. Τη δεκαετία όμως, 2000-2010 παρατηρούνται σημαντικές διαφορές ανά περιοχή. Η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Κίνα διπλασιάζεται, ενώ αντίθετα η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι ΗΠΑ, από το 2005, εμφανίζουν μείωση στην τελική κατανάλωση ενέργειας, διατηρώντας μικρή μειωτική τάση μέχρι το 2015. Το γεγονός αυτό, φαίνεται να

οφείλεται, στην οικονομική ανάπτυξη Κίνας, και στην ύφεση που ξεκίνησε την πενταετία 2005-2010 στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τις ΗΠΑ.



Γράφημα 1-1 Κατανάλωση τελικής ενέργειας την περίοδο 1990-2016 ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε Mtoe (πηγή:(Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018))

Πιο συγκεκριμένα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την περίοδο 1990-2016, τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης τελικής ενέργειας εμφανίζονται στις μεταφορές, στον οικιστικό τομέα και τη βιομηχανία, ενώ λίγο χαμηλότερα βρίσκεται ο τομέας των υπηρεσιών (γράφημα 1-1). Την τελική ενεργειακή κατανάλωση συμπληρώνουν ο τομέας της αγροτικής και αλιευτικής παραγωγής και όλα τα υπόλοιπα. Οι μεταφορές είναι ο τομέας που, την περίοδο 1990-2016, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αύξηση κατανάλωσης ενέργειας, σχεδόν 100 Mtoe, φτάνοντας λίγο πάνω από 350 Mtoe. Η βιομηχανία εμφανίζει μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα με αποτέλεσμα το 2016 να βρίσκονται μαζί λίγο κάτω από 300 Mtoe. Ο τομέας των υπηρεσιών την περίοδο 1990-2016 παρουσιάζει αύξηση σχεδόν 50 Mtoe με την κατανάλωση ενέργειας το 2016 να διαμορφώνεται στους 150 Mtoe. Συνολικά, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι μεταφορές και ο κτιριακός τομέας απαιτούν τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για τη λειτουργία τους.



Γράφημα 1-2 Κατανάλωση τελικής ενέργειας την περίοδο 1990-2016 ανά καύσιμο στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε Mtoe (πηγή:(Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018))

Στο σύνολο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, το μεγαλύτερο ποσοστό προέρχεται από το πετρέλαιο και τα παράγωγά του, από το φυσικό αέριο και από τα στερεά καύσιμα (γράφημα 1-2). Η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, έχει ως συνέπεια την εξάντληση τους καθώς πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ταυτόχρονα είναι υπεύθυνα για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Οι τομείς με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας (βιομηχανία, μεταφορές και οικιστικός τομέας) καλύπτουν τις ανάγκες τους κυρίως με ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπής αερίων του Θερμοκηπίου (Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018). Η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών φυσικών πόρων, έχει κινητοποιήσει την παγκόσμια κοινότητα, ώστε να ορισθούν στρατηγικές για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κυότο ο σχεδιασμός των κτιρίων πρέπει να γίνεται με στόχο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου(Roetzel et al., 2014). Από τους τρεις τομείς που παρουσιάζουν αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας, ο κτιριακός μπορεί, μέσα από νέες κατευθύνσεις, να συμβάλει στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής, σύμφωνα με τη Διακυβερνητική επιτροπή για την κλιματική αλλαγή(Roetzel & Tsangrassoulis, 2012).

Στην Ελλάδα η τελική κατανάλωση ενέργειας παρουσίασε αύξηση την περίοδο 1990-2006 σχεδόν 50%, με τη μεγαλύτερη αύξηση τα έτη 1995-1996 με ποσοστό 6,5%. Από το 1996 και για μία δεκαετία σχεδόν, ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας διαμορφώθηκε ετησίως στο 2% (Αξαρχή, 2009). Αντιθέτως από το 2006 έως το 2016 η κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε κατά 20% περίπου. Η κατανάλωση της τελικής ενέργειας αποτυπώνει ουσιαστικά, την οικονομική κατάσταση στην Ελλάδα. Την περίοδο 1990-2006, βρίσκεται σε οικονομική ανάπτυξη, ενώ μέσα στην πενταετία 2005-2010 ξεκινά η οικονομική κρίση, η οποία διαρκεί μέχρι και σήμερα. Η εγχώρια παραγωγή ενέργειας δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια, με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας να προέρχονται από ορυκτά καύσιμα εισαγωγής. Στην Ελλάδα, όπως και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι τομείς που κατέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας είναι ο κτιριακός, οι μεταφορές και η βιομηχανία. Ιδιαίτερα ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 49% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018).

Η κατανάλωση ενέργειας έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στην κλιματική αλλαγή, που στις μέρες μας είναι πλέον ορατή. Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, η ραγδαία αύξηση της παραγωγής στερών και υγρών αποβλήτων, η μόλυνση των υδάτων και του αέρα επηρεάζουν και επιβαρύνουν τα οικοσυστήματα του πλανήτη.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας πρωτίστως στους τομείς που επηρεάζουν και "καταναλώνουν" περισσότερο, αλλά και για μία συνολική διαχείριση της ανθρώπινης δραστηριότητας, ώστε να μειωθεί η επίδρασή της στο φυσικό περιβάλλον. Ένα μέρος αυτής της διαχείρισης είναι η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα και στους χώρους που τον περιβάλλουν, από το επίπεδο του σχεδιασμού.

## 1.2 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Ο ρόλος του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι να δημιουργήσει ένα εσωτερικό περιβάλλον με τις βέλτιστες συνθήκες άνεσης για τους χρήστες του, ελαχιστοποιώντας τις ενεργειακές του απώλειες για κάθε εποχή . Ο τρόπος με τον οποίο το επιτυγχάνει, είναι η εκμετάλλευση των τοπικών κλιματικών συνθηκών (ηλιακή ακτινοβολία, τοπικοί άνεμοι, μορφολογία εδάφους κλπ.) προς όφελος του κτιρίου.

Το κέλυφος ενός κτιρίου είναι το όριο που διαχωρίζει το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον. Το βιοκλιματικό κτίριο τροποποιεί, μέσω του κελύφους του, τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, με στόχο την άνετη διαβίωση μέσα στο κτίριο. Όπως γίνεται



αντιληπτό σε κλιματικές ζώνες όπως είναι η εύκρατη, κάθε εποχή απαιτεί διαφορετικό χειρισμό, για έναν δεδομένο τόπο. Στην Ελλάδα οι εποχές που χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης είναι η καλοκαιρινή και η χειμερινή περίοδος. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προστατεύει το κτίριο από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει το φυσικό δροσισμό. Αντίθετα τη χειμερινή περίοδο αποσκοπεί σε θερμικά κέρδη μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες (Τομπάζης, 2010). Πρόκειται για δύο λειτουργίες εκ διαμέτρου αντίθετες, που όμως με τον κατάλληλο προσανατολισμό και σχήμα, τη σωστή χωροθέτηση ανάλογα με τη δραστηριότητα, αλλά και με τα κατάλληλα εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να περιοριστεί σημαντικά.

Ο όρος βιοκλιματικός σχεδιασμός ή ενεργειακός σχεδιασμός είναι σχετικά πρόσφατος, η εφαρμογή του όμως είναι γνωστή εδώ και αιώνες και είναι η λεγόμενη παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα η πρόσβαση σε πηγές ενέργειας ήταν δύσκολη άλλα και δαπανηρή, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται κτίρια που προσπαθούν να εναρμονιστούν με το περιβάλλον γύρω τους. Από την πολεοδομία των παραδοσιακών οικισμών μέχρι τη διάταξη του ίδιου του κτιρίου, γίνεται σαφές ότι γινόταν μία μεγάλη προσπάθεια να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες και να αυξηθούν τα θερμικά κέρδη, ανάλογα με την εποχή και τον τόπο (Manzano-Agugliaro et al., 2015). Σε περιοχές με θερμό-ξηρό κλίμα, όπως είναι οι Κυκλάδες, οι οικισμοί οργανώνονται με στενά δρομάκια, ώστε τα κτίρια να σκιάζονται μεταξύ τους, οι στενοί δρόμοι να οδηγούν τον αέρα στο εσωτερικό του οικισμού και τα σπίτια βάφονται με λευκό χρώμα για να μην απορροφάται η ηλιακή ακτινοβολία (Ανδρεαδάκη, 2006). Αντίθετα σε περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλες εναλλαγές θερμοκρασίας μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα, τα σπίτια κτιζόταν με μεγαλύτερα κενά μεταξύ τους, ήταν προσανατολισμένα προς το νότο και η διάταξη των χώρων γινόταν με βάση τις ανάγκες της κάθε χρήσης, με μικρά ή καθόλου ανοίγματα προς βορρά, ανατολή και δύση. Όλα τα παραπάνω είναι το αποτέλεσμα της εμπειρίας των κατοίκων των εκάστοτε περιοχών εξαιτίας της ανάγκης για προστασία από τον καιρό της κάθε εποχής, απουσία τεχνητών μέσων θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού (Desogus et al., 2016). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εντάσσει την εμπειρία αυτή μέσα στη μεθοδολογία του και θέτει ως στόχους την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος.

### 1.3 Κλίμα

Το κλίμα είναι η κύρια και βασικότερη παράμετρος που ορίζει τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου. Τα κλιματικά δεδομένα μίας γεωγραφικής περιοχής προκύπτουν από

τον υπολογισμό των μέσων τιμών των μετεωρολογικών στοιχείων που καταγράφηκαν για μία μεγάλη χρονική περίοδο(τριάντα χρόνια και άνω)(Αξαρχή et al., 2001). Η Ελλάδα βρίσκεται στη ζώνη του μεσογειακού κλίματος και χαρακτηρίζεται από μεγάλες εναλλαγές μεταξύ των εποχών, με αποτέλεσμα τα κτίρια να πρέπει να ανταποκριθούν σε πολύ διαφορετικές θερμικές καταπονήσεις (Desogus et al., 2016). Η γεωμορφολογία της κάθε περιοχής επηρεάζει το κλίμα με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται διαφορές ανάμεσα στις παραθαλάσσιες, τις πεδινές και τις ορεινές περιοχές. Ο χειμώνας είναι ήπιος με αρκετή βροχόπτωση και με ψυχρότερους μήνες τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο, ενώ το καλοκαίρι είναι θερμό και συνήθως ξηρό με θερμότερους μήνες τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Σημαντικό ρόλο στο κλίμα διαδραματίζουν τα ανθρωπογενή χαρακτηριστικά, τα οποία διαμορφώνουν στις πόλεις το αστικό κλίμα. Τα ελληνικά αστικά κέντρα χαρακτηρίζονται από ελλιπή σχεδιασμό, πολύωροφα κτίρια με υψηλές καταναλώσεις ενέργειας και έλλειψη βλάστησης(Paramanolis, 2015). Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και τα υλικά που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία (άσφαλτος, σκυρόδεμα κ.α.) οδηγούν στο φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας». Κατά το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας» τα κτίρια και οι εδαφοκαλύψεις των πυκνοκατοικημένων περιοχών των μεγάλων πόλεων αποθηκεύουν θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και την αποδίδουν τη νύχτα. Πρόκειται για ένα φαινόμενο που αυξάνει την κατανάλωση της ενέργειας την περίοδο του καλοκαιριού, ενώ συμβάλλει και στη μόλυνση του αέρα (Stavarakakis et al., 2012). Ο συνολικός σχεδιασμός του αστικού τοπίου με βιοκλιματικά κριτήρια (βλάστηση, νερό, υλικά που δεν απορροφούν τη θερμότητα) έχει θετική επίδραση στη θερμική άνεση στους εξωτερικούς δημόσιους χώρους, μείωση του φαινομένου της «αστικής θερμικής νησίδας», αλλά και στα ίδια τα κτίρια, καθώς αλλάζει το μικροκλίμα στο οποίο πρέπει να ανταποκριθούν, για τη διασφάλιση της εσωτερικής θερμικής άνεσης(Fintikakis et al., 2011).

Στο βιοκλιματικό σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη στοιχεία, από τη ζώνη του κλίματος που θα τοποθετηθεί το κτίριο, από το τοπικό κλίμα της περιοχής μελέτης, καθώς και το μικροκλίμα, που συνίσταται στα όρια της επέμβασης. Για τη μελέτη του κλίματος λαμβάνονται υπόψη στοιχεία όπως είναι, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, ο άνεμος, ο υετός και η υγρασία. Η ηλιακή ακτινοβολία καθορίζει τη θέση και το σχήμα του κτιρίου, τον προσανατολισμό του, την οργάνωση των χώρων εσωτερικά, το μέγεθος των ανοιγμάτων, καθώς και τη διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου με τα κατάλληλα υλικά και με τη φύτευση. Ο άνεμος είναι εξίσου σημαντικός για το φυσικό δροσισμό του κτιρίου το καλοκαίρι αλλά θα πρέπει να περιορίζεται την περίοδο του χειμώνα, ώστε να μην υπάρχουν θερμικές απώλειες. Τα δέντρα και η χαμηλή βλάστηση μπορούν να κατευθύνουν τον άνεμο

για δροσισμό το καλοκαίρι ή να δημιουργήσουν έναν φράκτη προστασίας για τους ψυχρούς ανέμους του χειμώνα(Stavrakakis et al., 2012). Η πρόσβαση στα παραπάνω δεδομένα γίνεται από τους τοπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς και στη συνέχεια διαμορφώνεται το σενάριο της βέλτιστης δυνατής εκμετάλλευσης του κλίματος προς όφελος του κτιρίου σε συνδυασμό πάντα με τις λειτουργικές και αισθητικές ανάγκες του χρήστη.

#### 1.4 Συνθήκες Άνεσης

Ο σχεδιασμός ενός κτιρίου ή ενός ανοικτού εξωτερικού χώρου, γίνεται πάντα με βάση τις ανάγκες του χρήστη ή των χρηστών του. Μέσα στις ανάγκες του χρήστη συγκαταλέγονται, οι λειτουργικές ανάγκες, οι αισθητικές και οι συνθήκες άνεσης που αισθάνεται, όταν χρησιμοποιεί το αντικείμενο του σχεδιασμού. Οι συνθήκες άνεσης μπορούν να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά τον χρήστη και διαφοροποιούνται ανάλογα με τη δραστηριότητα και την ενδυμασία του(Αξαρχή, 2009). Για παράδειγμα σε ένα κτίριο κατοικίας οι συνθήκες άνεσης του σαλονιού είναι διαφορετικές από εκείνες του υπνοδωματίου. Αντίστοιχα στο σχεδιασμό των ανοιχτών χώρων, ο χώρος στάσης αντιμετωπίζεται διαφορετικά σε σχέση με έναν περίπατο. Το κλίμα της κάθε εποχής, η βλάστηση, ο θόρυβος, η μόλυνση του αέρα, επηρεάζει επίσης τις ανάγκες για άνεση μέσα ή έξω από ένα κτίριο. Οι συνθήκες άνεσης, ανάλογα με τις ανθρώπινες αισθήσεις που επηρεάζουν χωρίζονται σε θερμική για την αφή, οπτική για την όραση και ακουστική για την ακοή(Αξαρχή et al., 2001). Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την αίσθηση της άνεσης, είναι η κίνηση του αέρα, που ενυπάρχει στη θερμική άνεση, και θα μπορούσε να αντιστοιχηθεί με την αίσθηση της αφής και της όσφρησης.

##### 1.4.1 Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση αναφέρεται, στη συνθήκη εκείνη, όπου το ανθρώπινο σώμα καταναλώνει την ελάχιστη ενέργεια για να καλύψει τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον(Manzano-Agugliaro et al., 2015). Επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και ταυτόχρονα εξαρτάται από τις βιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου μεταβολισμού, από την ηλικία, το φύλλο κ.α.. Η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος παραμένει σταθερή στους 37 °C με την παραγωγή θερμότητας από το μεταβολισμό. Ταυτόχρονα, το ανθρώπινο σώμα ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του με τους παρακάτω τρόπους μετάδοσης, οδηγώντας σε θερμικές απώλειες ή θερμικά κέρδη.

α) Με τη μεταφορά θερμότητας, μέσω της επαφής του δέρματος και των ρούχων με τον αέρα.

β) με την εξάτμιση, μέσω της διαπνοής, της εφίδρωσης και της αναπνοής

γ) με την αγωγή, μέσω της άμεσης επαφής του σώματος με ψυχρότερες ή θερμότερες επιφάνειες

δ) με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις επιφάνειες που περιβάλλουν το ανθρώπινο σώμα

Όταν οι απώλειες του ανθρώπινου σώματος προς το περιβάλλον είναι ίσες με τη θερμότητα που παράγει, βρίσκεται σε "θερμική ουδετερότητα"(Αξαρχή et al., 2001).

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες της θερμικής άνεσης χωρίζονται σε αυτές που αφορούν τον ανθρώπινο μεταβολισμό και σε αυτές που αφορούν το περιβάλλον και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο. Στην πρώτη κατηγορία βρίσκεται η ενδυμασία και η δραστηριότητα που εκτελεί ο άνθρωπος και στη δεύτερη κατηγορία βρίσκεται η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η κίνηση του αέρα και η υγρασία (Αξαρχή et al., 2001).

### Ενδυμασία

Η ενδυμασία παρεμβάλλεται μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος. Προστατεύει το ανθρώπινο σώμα από τις αλλαγές της θερμοκρασίας και την κίνηση του αέρα αλλά μπορεί να μειώσει την εξάτμιση και τη διαπνοή του δέρματος. Η ενδυμασία είναι μία παράμετρος που μπορεί να μεταβληθεί από τον άνθρωπο, ώστε να βελτιώσει τη θερμική του άνεση και διαμορφώνει τη θερμική αντίσταση στις εναλλαγές της θερμοκρασίας και της κίνησης του αέρα.

### Δραστηριότητα

Ο μεταβολισμός του ανθρώπινου σώματος επηρεάζεται, σε μεγάλο βαθμό από την παραγωγική του δραστηριότητα. Κάθε δραστηριότητα διαμορφώνει την ενδυμασία του ατόμου και την περιοχή θερμικής άνεσης, όπου μπορεί να τελείται ευχάριστα. Για παράδειγμα η περιοχή θερμικής άνεσης που αντιστοιχεί για εργασία σε καθιστή θέση, είναι πολύ διαφορετική από αυτή της σωματικής εργασίας.

## Θερμοκρασία αέρα

Πρόκειται για τη σημαντικότερη παράμετρο θερμικής άνεσης, η οποία επηρεάζει το ανθρώπινο σώμα μέσω της μεταφοράς από τον αέρα στο δέρμα. Το ανθρώπινο σώμα για να αισθάνεται θερμικά άνετα πρέπει ο αέρας, που έρχεται σε επαφή με το δέρμα, να είναι σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή του δέρματος. Όταν η διαφορά θερμοκρασίας δέρματος και αέρα μειώνεται, το ανθρώπινο σώμα νοιώθει δυσφορία και αισθάνεται ότι ζεσταίνεται. Αντίστοιχα, όταν η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται κατά πολύ, ο οργανισμός ανταλλάσσει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας με τον αέρα, με αποτέλεσμα να νοιώθει την αίσθηση του ψύχους. Απαιτείται λοιπόν μία ισορροπία και μία σχετικά σταθερή διαφορά θερμοκρασίας αέρα και δέρματος, ώστε να επιτευχθεί το αίσθημα ευφορίας. Η ισορροπία αυτή καθίσταται δύσκολη, καθώς η θερμοκρασία αέρα σε έναν χώρο διαφοροποιείται ανάλογα με το ύψος από το δάπεδο, λόγω της θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης (Αξαρχή, 2009). Οι θερμές αέριες μάζες κινούνται προς τα επάνω, ενώ αντίστοιχα οι ψυχρές προς τα κάτω. Η διαδικασία αυτή συμβαίνει γιατί η πυκνότητα του αέρα αλλάζει ανάλογα με τη θερμοκρασία του.

## Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το ανθρώπινο σώμα ανταλλάσσει θερμότητα με τις επιφάνειες που το περιβάλλουν, μέσω της ακτινοβολίας. Η θερμοκρασία για κάθε μία από αυτές τις επιφάνειες διαφέρει, επομένως λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος των θερμοκρασιών τους, συνυπολογίζοντας και την ηλιακή ακτινοβολία (Αξαρχή et al., 2001). Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας επιδρά σε σχεδόν διπλάσιο βαθμό στη θερμική άνεση, σε σύγκριση με τη θερμοκρασία αέρα και εξισορροπεί τις αλλαγές της θερμοκρασίας του αέρα. Την περίοδο του χειμώνα, ο ανθρώπινος οργανισμός νοιώθει θερμικά άνετα όταν γίνεται δέκτης της θερμικής ακτινοβολίας, όταν δηλαδή οι επιφάνειες που τον περιβάλλουν έχουν υψηλότερη θερμοκρασία. Αντίθετα το καλοκαίρι, η διαδικασία είναι ακριβώς αντίστροφη, καθώς το ανθρώπινο σώμα γίνεται πομπός της θερμικής ακτινοβολίας προς το περιβάλλον του.

## Κίνηση του αέρα

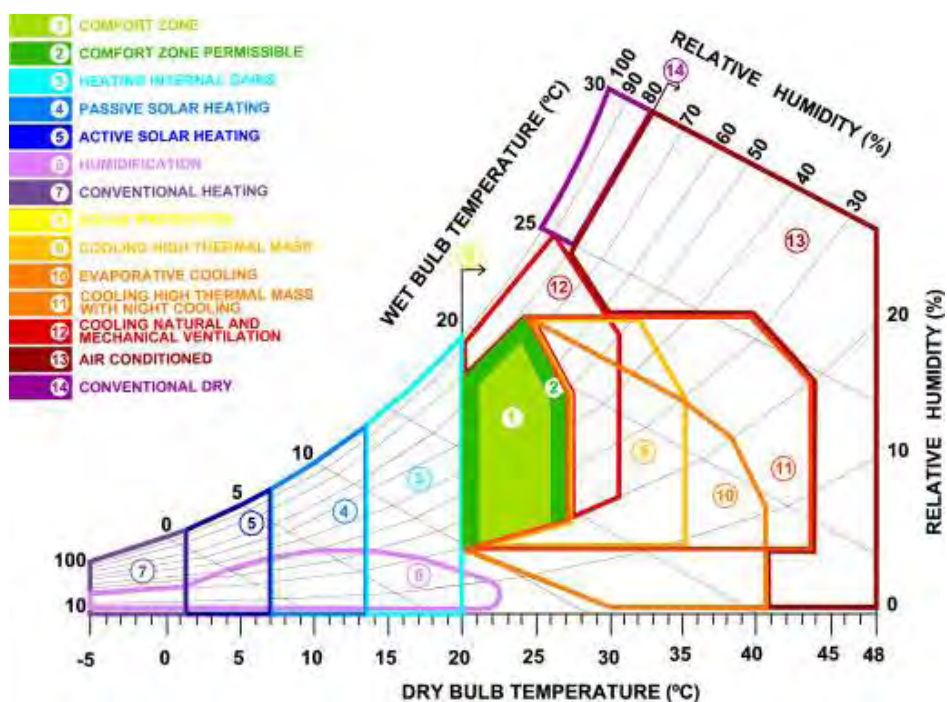
Η κίνηση του αέρα επιδρά στον ανθρώπινο οργανισμό κυρίως μέσω του δέρματος, μεταβάλλοντας τις λειτουργίες της διαπνοής και της εξάτμισης (Ανδρεαδάκη, 2006). Η κίνηση του αέρα λειτουργεί σε άμεση συσχέτιση με τη θερμοκρασία του αέρα, επιδρώντας στη

ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας ανάμεσα στον αέρα και το δέρμα. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται και η ροή θερμότητας μεταξύ αέρα και δέρματος, με κατεύθυνση πάντα από το θερμότερο προς το ψυχρότερο (Αξαρχή et al., 2001). Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για το καλοκαίρι, διότι με μεγάλη ταχύτητα αέρα γίνονται ανεκτές υψηλές θερμοκρασίες αέρα, που πλησιάζουν στη θερμοκρασία του δέρματος (31-34 °C). Αντίθετα το χειμώνα η αύξηση της ροής μεταφοράς θερμότητας από το σώμα προς τον αέρα δημιουργεί την αίσθηση του ψύχους. Επιπλέον η ταχύτητα του αέρα επιδρά και στην εξάτμιση από την εφίδρωση, με αποτέλεσμα το δροσισμό, κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Και στις δύο περιπτώσεις η κίνηση του αέρα επιδρά θετικά κατά την περίοδο του καλοκαιριού στο σώμα, επεκτείνοντας τις περιοχές άνεσης σε πιο υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 34 °C), με την προϋπόθεση ότι η υγρασία διατηρείται κατά μέσο όρο στο 50%. Η κίνηση του αέρα, όμως πρέπει να είναι πάντα ελεγχόμενη, διότι όπως προαναφέρθηκε το χειμώνα προκαλεί την αίσθηση του ψύχους.

### Υγρασία

Η υγρασία επηρεάζει τη δυνατότητα εξάτμισης του δέρματος μέσω της εφίδρωσης και λειτουργεί συνδυαστικά με την κίνηση και τη θερμοκρασία του αέρα. Για ποσοστά υγρασίας από 30-80% η θερμική άνεση δεν επηρεάζεται σημαντικά, ενώ για ποσοστά άνω του 80% προκαλεί αίσθημα δυσφορίας και αποπνικτικό περιβάλλον για το καλοκαίρι και εντονότερη αίσθηση ψύχους την περίοδο του χειμώνα. Τα ποσοστά κάτω του 30% δημιουργούν αίσθηση ξηρασίας και επιδρούν αρνητικά στο δέρμα (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

Αναλύοντας όλα τα παραπάνω παρατηρείται η αλληλεξάρτηση μεταξύ των διαφορετικών παραμέτρων που επιδρούν στη θερμική άνεση, καθώς και η υποκειμενικότητα της αίσθησης της θερμικής άνεσης. Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη διερεύνηση των ιδανικών συνθηκών θερμικής άνεσης που εκφράζει τη στατιστική πλειοψηφία ενός πλήθους ατόμων, ώστε να διασφαλιστεί η ικανοποίηση των υποκειμενικών απαιτήσεων (Αξαρχή et al., 2001).



Γράφημα 1-3 Ψυχομετρικό διάγραμμα σύμφωνα με τον ψυχομετρικό χάρτη του Givoni που απεικονίζει την περιοχή θερμικής άνεσης και ορίζει τις απαιτήσεις που υπάρχουν σε ψύξη και θέρμανση όσο οι εσωτερικές συνθήκες απομακρύνονται από την περιοχή θερμικής άνεσης (πηγή : (Manzano-Agugliaro et al., 2015))

Το διάγραμμα του Givoni ορίζει την περιοχή θερμικής άνεσης (ζώνη 1) σε ένα πλήθος ατόμων, με δεδομένα, την ελαφριά ενδυμασία και την καθιστή δραστηριότητα, με στατιστική συμφωνία 70%. Από τη ζώνη 1 προκύπτει ότι οι ανεκτές θερμοκρασίες αέρα είναι από 21 έως 26°C, με αποδεκτά ποσοστά υγρασίας 20-70%. Η 2η ζώνη είναι αποδεκτή από το 80% του πλήθους με αποδεκτές θερμοκρασίες 20 έως 27 °C και ποσοστά υγρασίας 20-80%. Το διάγραμμα περιγράφει τις απαιτήσεις και το είδος σε ψύξη ή θέρμανση, όσο οι εσωτερικές συνθήκες απομακρύνονται από την περιοχή θερμικής άνεσης (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

#### 1.4.2 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση συνδέεται με την αίσθηση της όρασης και επιδρά σημαντικά στο βιολογικό ρυθμό και στην ψυχολογία του ατόμου. Το ανθρώπινο μάτι έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται το φως που ανακλάται επάνω στις επιφάνειες και μέσα από σύνθετες διαδικασίες, ο εγκέφαλος το επεξεργάζεται και το μεταφράζει σε εικόνα. Η οπτική αντίληψη δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο, με αντανάκλαση του φωτός να διαχωρίζει σχήματα και χρώματα, δίνοντάς του την αίσθηση του χώρου. Ο φωτισμός που δέχεται το ανθρώπινο σώμα μπορεί να είναι είτε φυσικός, είτε τεχνητός. Η βιολογική λειτουργία του ανθρώπινου

οργανισμού, απουσία τεχνητού φωτισμού, ακολουθεί τη διαδρομή του φυσικού φωτισμού στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Κατά τη διάρκεια της ημέρας το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται σε πλήρη βιολογική λειτουργία, ενώ τη νύχτα ο εγκέφαλος, από την έλλειψη φωτισμού και επομένως ερεθισμάτων, μειώνει σταδιακά τις διεργασίες του σώματος και μπαίνει σε κατάσταση ύπνου. Επομένως ο ανθρώπινος οργανισμός αντιλαμβάνεται και το χρόνο μέσα από το φυσικό φωτισμό. Κρίνεται λοιπόν αναγκαίο οι χώροι στους οποίους ζει και εργάζεται ο άνθρωπος να σχεδιάζονται με βάση το φυσικό φωτισμό, ανάλογα με τη δραστηριότητα που τελείται σε κάθε χώρο (Αξαρχή et al., 2001).

Η περιοχή της οπτικής άνεσης σχετίζεται, όπως και στη θερμική άνεση, με πολλές υποκειμενικές παραμέτρους, όπως είναι οι βιολογικές ανάγκες, η ηλικία, η ικανότητα της όρασης κ.α., ταυτόχρονα όμως συνδέεται με την ποιότητα και την ποσότητα του φωτισμού. Η επαρκής ποσότητα φωτισμού είναι εξίσου σημαντική με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται και διαχωρίζει ένα αντικείμενο ανάλογα με την ποσότητα φωτισμού που εκπέμπει ή το διαπερνά σε αντίθεση με την ποσότητα φωτισμού που εκπέμπουν τα υπόλοιπα αντικείμενα γύρω του. Η οπτική άνεση ικανοποιείται όταν η αντίθεση μεταξύ των αντικειμένων βρίσκεται σε ισορροπία, σε συνάρτηση με το αντικείμενο που θέλει να εστιάσει το ανθρώπινο μάτι. Οι πολύ έντονες αντιθέσεις δημιουργούν οπτική ένταση. Όταν μία πηγή φωτισμού (φυσικού ή τεχνητού) ή μία επιφάνεια που ανακλά το φως, κυριαρχεί σε ένταση φωτισμού προκαλεί θάμβωση. Στην περίπτωση της πηγής φωτισμού προκαλείται άμεση θάμβωση, ενώ στην περίπτωση της επιφάνειας που ανακλά το φως προκαλείται έμμεση θάμβωση (Αξαρχή et al., 2001).

Ο φωτισμός είναι μία συνθήκη άνεσης με πολλές παραμέτρους και διαφοροποιείται πολύ ανάλογα με το είδος της δραστηριότητας (Τομπάζης, 2010). Σε ένα σχολικό κτίριο οι ανάγκες φωτισμού είναι πολύ διαφορετικές στην αίθουσα διδασκαλίας σε σύγκριση με τους κοινόχρηστους διαδρόμους ή τα γραφεία των καθηγητών. Η κατανόηση των αναγκών σε φωτισμό και η επίλυσή τους, όσο είναι δυνατόν, με φυσικό φωτισμό οδηγεί σε ιδιαίτερα χαμηλές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο.

#### 1.4.3 Ακουστική άνεση

Η ακουστική άνεση συνδέεται με την αίσθηση της ακοής και αποτελεί μία εξίσου σημαντική συνθήκη άνεσης, καθώς κι αυτή επηρεάζει τον άνθρωπο βιολογικά και ψυχολογικά. Η ακοή είναι η ικανότητα που έχει ο άνθρωπος να αντιλαμβάνεται τον ήχο, μέσω της πίεσης που ασκούν τα ηχητικά κύματα στα μέσα διάδοσης τους (αέρας, νερό κλπ).



Η υποκειμενική αίσθηση της ακουστικής άνεσης είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων, όπως είναι η συχνότητα, η ένταση και η διάρκεια έκθεσης (Αξαρχλή et al., 2001).

Οι περιβαλλοντικοί θόρυβοι σε περιβάλλον μιας πόλης επηρεάζουν αρνητικά τη βιολογική και ψυχική υγεία των ατόμων. Η γειτνίαση με μεγάλους κυκλοφοριακούς άξονες έχει δυσάρεστες συνέπειες στη βιολογική λειτουργία του ανθρώπινου σώματος στους χώρους κατοικίας (αϋπνία, νευρική κατάσταση). Ο θόρυβος των μεγάλων αστικών κέντρων προέρχεται από πολλαπλές πηγές (κυκλοφοριακός φόρτος από διαφορετικά είδη οχημάτων, μηχανολογικούς εξοπλισμούς, διασκέδαση) που προκαλούν έναν συνεχόμενο με διαφορετικές εντάσεις και σε διαφορετικές συχνότητες θόρυβο (Μπάρκας, 2014). Οι υψηλές στάθμες θορύβου δημιουργούν δυσάρεστες συνθήκες σε χώρους διδασκαλίας και σε χώρους εργασίας που απαιτείται συγκέντρωση και απομόνωση από τους εξωτερικούς ήχους, αλλά ταυτόχρονα και την κατάλληλη επιλογή υλικών για τη σωστή ακουστική μέσα στην αίθουσα (Rabiyanti et al., 2017).

Σε έρευνα που έγινε σε 60 φοιτητές, σε περιβάλλον με ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού, θερμοκρασίας και ήχου τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συνθήκες άνεσης αλληλοσυνδέονται μεταξύ τους. Η θερμική άνεση βελτιώθηκε με τη μείωση του ήχου, αλλά και με τη αλλαγή του είδους του, καθώς επίσης και από τη βελτίωση του φωτισμού. Η οπτική άνεση, επίσης βελτιώνεται από τη μείωση του ήχου και με την αλλαγή του είδους του, με πολύ μικρή επίδραση από τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Η βελτίωση των ακουστικών συνθηκών είχε τη μεγαλύτερη θετική επίδραση στο φυσικό εσωτερικό περιβάλλον (Yang & Moon, 2019).

### 1.5 Αρχές και Εργαλεία του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

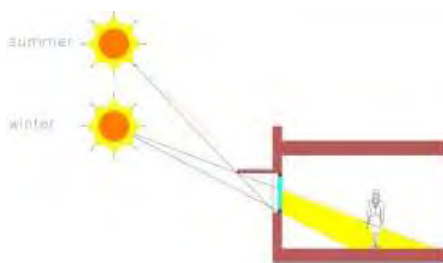
Στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να μειώσει την έκθεση του κτιρίου στις θερμικές απώλειες και να αυξήσει τα θερμικά κέρδη του, με αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η διασφάλιση των συνθηκών θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης έχει ως αποτέλεσμα καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Ταυτόχρονα συμβάλλει στη μείωση της μόλυνσης της ατμόσφαιρας, στη διατήρηση των φυσικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων του πλανήτη (Ανδρεαδάκη, 2006; Beckman et al., 2001; Τσίππρας & Τσίππρας, 2005). Ο σχεδιασμός των κτιρίων πάντα είχε στόχο να προσφέρει καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εμπλουτίζει αυτό το στόχο με άλλες δύο κατευθύνσεις, την ενέργεια και την βιωσιμότητα (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

Η κλιματική ζώνη, το κλίμα της ευρύτερης περιοχής και το μικροκλίμα σε αντιδιαστολή με τις επιθυμητές θερμικές συνθήκες (γράφημα 1-3) στο εσωτερικό οριοθετούν το πεδίο,

πάνω στο οποίο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός πρέπει να τροποποιήσει τις εξωτερικές συνθήκες προς όφελος του εσωτερικού περιβάλλοντος. Βασικός και πρωταρχικός λόγος ανάγκης του σχεδιασμού του κτιρίου είναι η χρήση και η λειτουργία του κτιρίου. Κάθε χρήση, ακόμη και μέσα στο ίδιο κτιριολογικό πρόγραμμα, έχει διαφορετικές ανάγκες για θερμική, οπτική και ακουστική άνεση(Τομπάζης, 2010). Με τα παραπάνω δεδομένα ο μελετητής επιλέγει τον προσανατολισμό, τη θέση του κτιρίου και τον τύπο του σχήματος που θα ακολουθήσει. Στα μεσογειακά κλίματα η μακρόστενη διάταξη στον άξονα Ανατολής-Δύσης είναι προτιμότερη, καθώς το κτίριο εκμεταλλεύεται τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα, τα ανοίγματα προσανατολίζονται προς το Νότο και η θέση του κτιρίου επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη τη γειτνίαση με άλλα κτίρια, τη θέα και τη δυνατότητα προστασίας του κελύφους από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα και την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Η ιδιαιτερότητα των μεσογειακών κλιμάτων με τις μεγάλες εναλλαγές μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού απαιτεί ιδιαίτερο χειρισμό και προσοχή ως προς τις παραπάνω επιλογές(Desogus et al., 2016). Τα εργαλεία που έχει για να προχωρήσει στο σχεδιασμό χωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο που τροποποιούν τα εκάστοτε στοιχεία του κλίματος.

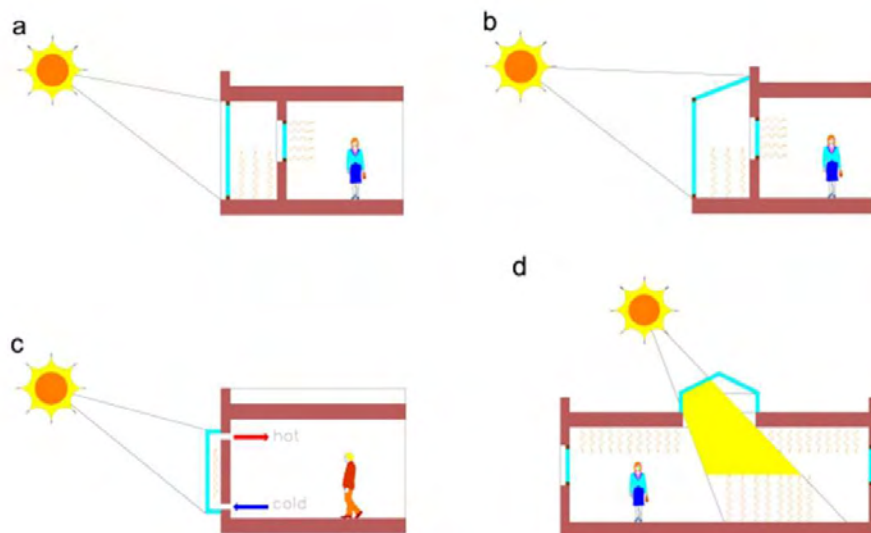
#### 1.5.1 Τα παθητικά ηλιακά συστήματα

Βασική προϋπόθεση για την εκτίμηση των ηλιακών κερδών είναι η γεωμετρία της θέσης του ήλιου την κάθε εποχή. Το χειμώνα η θέση του ήλιου βρίσκεται πολύ χαμηλότερα (χειμερινό ηλιοστάσιο: 21 Δεκεμβρίου) σε σύγκριση με αυτή του καλοκαιριού (θερινό ηλιοστάσιο: 21 Ιουνίου). Αυτό εξυπηρετεί το Νότιο προσανατολισμό, καθώς το κτίριο μπορεί να δεχτεί την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνοντας την εσωτερική του θερμοκρασία, από



Εικόνα 0-1 Θερμικά κέρδη από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα, με σκίαση στα ανοίγματα για το καλοκαίρι (πηγή : (Manzano-Agugliaro et al., 2015))

τα ηλιακά κέρδη (εικ. 1-1). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει αναπτύξει εργαλεία, ώστε να μπορεί να αποθηκεύει την ηλιακή ενέργεια και να την αποδίδει μέσα στο κτίριο με τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους. Στα συστήματα αυτά η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται από γυάλινες επιφάνειες, αποθηκεύεται και τέλος αποδίδεται σε θέρμανση στο εσωτερικό του κτιρίου (εικ. 1-2).



Εικόνα 0-2 Παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσης ακτινοβολίας. a. Ηλιακός τοίχος μάζας, b. ηλιακό θερμοκήπιο, c. ηλιακός τοίχος trombe, d. ηλιακό αίθριο (πηγή : (Manzano-Agugliaro et al., 2015)

Σημαντικό ρόλο παίζει και ο τύπος και το μέγεθος της θερμομόνωσης του κελύφους στην αποφυγή των θερμικών απωλειών τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα το μεγαλύτερο μέρος του κτιριακού αποθέματος έχει κατασκευαστεί χωρίς θερμομόνωση (Papamanolis, 2015).

### 1.5.2 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Η σκίαση για την αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι αποτελεί βασικό εργαλείο στα παθητικά συστήματα δροσισμού. Τα αρχιτεκτονικά στέγαστρα, οι εξωτερικές επιδερμίδες του κελύφους, τα κινητά σκίαστρα, όπως και η φύτευση, με τα κατάλληλα φυτικά είδη, είναι ένα ιδιαίτερα ισχυρό εργαλείο για τη σκίαση τόσο των ανοιγμάτων, όσο και του κελύφους των κτηρίων (Τομπάζης, 2010). Ο προσανατολισμός των όψεων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο της σκίασης. Οι νότιες όψεις απαιτούν οριζόντιου τύπου σκίαση (οριζόντιες περσίδες, στέγαστρα), ενώ η ανατολικές και δυτικές κάθετου τύπου (κάθετες περσίδες, κινητά πετάσματα), γιατί ο ήλιος βρίσκεται πολύ χαμηλά. Σημαντική παράμετρος στη σκίαση αποτελεί η προστασία της δυτικής όψης, διότι εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία τις μεσημβρινές ώρες που η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι ήδη υψηλή. Επιπρόσθετα, η οροφή του κτιρίου εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία τις περισσότερες ώρες της ημέρας και επομένως χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Οι φυτεμένες στέγες, η σκίαση της οροφής με φυτεμένη πέργκολα και οι επιφάνειες με ανακλαστικά υλικά μπορούν να μειώσουν

τη θερμοκρασία επάνω από το κτίριο μέχρι και 1°C(Alexandri & Jones, 2006). Τέλος η εκμετάλλευση των ανέμων την περίοδο του καλοκαιριού με τον κατάλληλο σχεδιασμό του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες φυσικού δροσισμού.

### 1.5.3 Το αίθριο στο βιοκλιματικό σχεδιασμό

Το αίθριο αποτελεί στοιχείο της παραδοσιακής μεσογειακής αρχιτεκτονικής, με την Ισπανία να έχει μέχρι και σήμερα σημαντική θέση στη χρήση του αίθριου. Το αίθριο δεν αποτελεί εξωτερικό χώρο για το κτίριο αλλά έναν χώρο σύνδεσης μεταξύ των υπόλοιπων χώρων. Στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική το αίθριο συνοδευόταν με την ύπαρξη νερού, ενώ η κάτοψη οργανωνόταν γύρω του με ανοίγματα προς το εσωτερικό του(Terrados & Moreno, 2014). Στη σύγχρονη αρχιτεκτονική το αίθριο μπορεί να είναι, είτε κλειστό στην οροφή, είτε ανοικτό, αλλά σε κάθε περίπτωση συμβάλλει στις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό με τους κατάλληλους αρχιτεκτονικούς χειρισμούς (σκίαση το καλοκαίρι, βλάστηση, επιφάνειες νερού κλπ.)(Αγαπητού, 2010). Δύο από τα βασικότερα προβλήματα που επιλύει το αίθριο είναι ο φυσικός φωτισμός και αερισμός. Η φύτευση στα αίθρια συμβάλλει μέσω της εξατμισοδιαπνοής στη διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας την καλοκαιρινή περίοδο(Manzano-Agugliaro et al., 2015).

## 1.6 Βιοκλιματικός σχεδιασμός ανοικτών χώρων

Σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας», το οποίο είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας στα μεγάλα αστικά κέντρα. Το φαινόμενο αυτό έρχεται να τροποποιήσει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των ανοικτών δημόσιων χώρων, βελτιώνοντας το μικροκλίμα γύρω από τα κτίρια και κατ' επέκταση τις ενεργειακές καταναλώσεις των γύρω κτιρίων(Tsitoura et al., 2017). Τα εργαλεία του αστικού βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η βλάστηση, τα υλικά επίστρωσης και οι επιφάνειες νερού (Karakounos et al., 2018).

### 1.6.1 Η βλάστηση

Η βλάστηση γύρω από ένα κτίριο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βιοκλιματική του συμπεριφορά, λόγω των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των φυτών (ηλιακή αντανάκλαση, υπέρυθρη ακτινοβολία, θερμοχωρητικότητα κ.α.), αλλά κυρίως λόγω της εξατμισοδιαπνοής. Ο πιο σημαντικός μηχανισμός που προσφέρουν τα φυτά στο αστικό περιβάλλον είναι η

εξατμισοδιαπνοή, η οποία απορροφά τη θερμική ακτινοβολία και ενισχύει τον εξατμιστικό δροσισμό, τη λανθάνουσα ροή θερμότητας (Karakounos et al., 2018). Η παρουσία της βλάστησης, είτε σε δεντροστοιχίες, είτε σε αστικά πάρκα μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας μέχρι και 3 °C (Shashua-Bar et al., 2011). Από μετρήσεις που έγιναν στον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης, σκληρές επιφάνειες επίστρωσης και επιφάνειες με γρασίδι, κάτω από σκιά δέντρων ήταν κατά 40% και 50% ψυχρότερες αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις ίδιες σκληρές επιφάνειες εκτεθειμένες στον ήλιο (Χατζηδημητρίου, 2012). Στην περιοχή του Βόλου, έπειτα από μετρήσεις σε σχολικές αυλές, τα δέντρα στον αστικό ιστό (ανάλογα με το είδος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, όπως είναι η ηλικία, η διάμετρος κόμης, το ύψος κ.α.), μπορούν να μειώσουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία μέχρι και 94% και να βελτιώσουν το δείκτη θερμικής άνεσης έως και 48%, στις σκιασμένες επιφάνειες (Antoniadis et al., 2016).

#### 1.6.2 Τα υλικά επίστρωσης

Η επιλογή των υλικών επίστρωσης λειτουργεί επίσης, καθοριστικά στη θερμική άνεση των χρηστών ενός ανοικτού χώρου (Rosso et al., 2018). Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει εισάγει νέα υλικά γνωστά και ως «ψυχρά υλικά». Τα υλικά αυτά έχουν την ιδιότητα να μην απορροφούν μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να διατηρούν χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες (Karakounos et al., 2018). Μία άλλη κατηγορία υλικών που συμβάλλει στη βελτίωση του δείκτη θερμικής μάζας είναι οι υδατοδιαπερατές επιφάνειες, οι οποίες επιδρούν θετικά στον εξατμιστικό δροσισμό, επιτρέποντας τη ροή του νερού προς το έδαφος. Υδατοδιαπερατά υλικά είναι οι διάτρητοι κυβόλιθοι, που επιτρέπουν την πολύ χαμηλή βλάστηση στα κενά που διαμορφώνουν, καθώς επίσης και τα πορώδη υλικά επίστρωσης, όπως είναι οι πωρόλιθοι και τα κεραμικά (Χατζηδημητρίου, 2012). Τα υλικά που υπάρχουν σήμερα στις μεγάλες ελληνικές πόλεις (άσφαλτος, σκυρόδεμα, επιχρίσματα τοίχων) χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύουν θερμότητα και την αποδίδουν τη νύχτα διαμορφώνοντας το φαινόμενο της αστικής νησίδας (Stavrakakis et al., 2012).

#### 1.6.3 Οι επιφάνειες νερού

Οι επιφάνειες νερού συνεισφέρουν στις συνθήκες θερμικής άνεσης, μέσω της εξάτμισης. Το νερό έχει πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα (4190 kJ/(m<sup>3</sup>\*K) σε σύγκριση με την άσφαλτο με 2100 kJ/(m<sup>3</sup>\*K), (Χατζηδημητρίου, 2012)), αλλά δεν παρουσιάζει σημαντική

αύξηση στη θερμοκρασία του λόγω της εξάτμισης της επιφάνειάς του και της θερμικής αδράνειας (Karakounos et al., 2018). Η ένταξη του νερού στο βιοκλιματικό σχεδιασμό βοηθά στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, με την προϋπόθεση, το υπάρχον τοπικό κλίμα να μην παρουσιάζει μεγάλα ποσοστά υγρασίας (Τιτόνη, 2018).

## 1.7 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να βελτιώσει τη βιοκλιματική λειτουργία ενός υφιστάμενου κτιρίου με τη σχεδίαση του περιβάλλοντος χώρου του με βιοκλιματικά κριτήρια, αξιοποιώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φυτών.

## 2 Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες διερεύνησης της συμβολής του πρασίνου στο βιοκλιματικό σχεδιασμό μελετήθηκε η περίπτωση του κτιρίου της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών.

Αναζητήθηκαν τα στοιχεία του κτιρίου (σχέδια, μελέτες, ενεργειακές καταναλώσεις) και στη συνέχεια έγιναν επιτόπιες μετρήσεις για την επαλήθευση των στοιχείων. Τα δεδομένα του κτιρίου παραχωρήθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία και την Υπηρεσία Οικονομικής Διαχείρισης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στη συνέχεια αναζητήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα του κτιρίου από τη Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY, n.d.), το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ, n.d.) και από τις Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ, 20701-3/2010) και αναλύθηκαν για τη διαμόρφωση συνολικής εικόνας του κλίματος, της περιοχής μελέτης. Για τις ανάγκες της βιοκλιματικής αξιολόγησης συντάχθηκε ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης μέσα στο κτίριο, σύμφωνα με τους χρήστες (Παράρτημα Α)

Η βιοκλιματική αξιολόγηση του κτιρίου και του περιβάλλοντα χώρου, έγινε ακολουθώντας την παρακάτω μεθοδολογία (Αξαρχή et al., 2001). Αναλύθηκαν τα κλιματολογικά δεδομένα και διαμορφώθηκαν πίνακες με συγκεντρωτικά στοιχεία. Εκτιμήθηκε η ένταξη του κτιρίου στο περιβάλλον. Αναλύθηκε η μορφή, η γεωμετρία και ο χώρος σε συνάρτηση με τη λειτουργία του κτιρίου. Διερευνήθηκε η μέθοδος κατασκευής του και η χρήση των υλικών. Η θερμική άνεση εκτιμήθηκε για τις δύο δυσμενέστερες περιόδους ξεχωριστά (ψυχρή και θερμή). Τέλος διερευνήθηκαν ο φυσικός φωτισμός και αερισμός μέσα στο κτίριο. Με βάση τα παραπάνω έγινε καταγραφή των προβλημάτων του κτιρίου και τέθηκε ο βιοκλιματικός στόχος της πρότασης. Βασικό εργαλείο επίλυσης των προβλημάτων ορίστηκε το πράσινο. Οι επεμβάσεις που προέκυψαν από την επίλυση των προβλημάτων διαμόρφωσαν την κεντρική συνθετική ιδέα και στη συνέχεια το γενικό σχέδιο πρότασης. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε με την ίδια μεθοδολογία διερευνώντας τα προβλήματα που επιλύθηκαν και το βαθμό στον οποίο εκπληρώθηκε ο βιοκλιματικός στόχος. Επιπλέον αναλύθηκαν τα προβλήματα που δεν επιλύθηκαν.

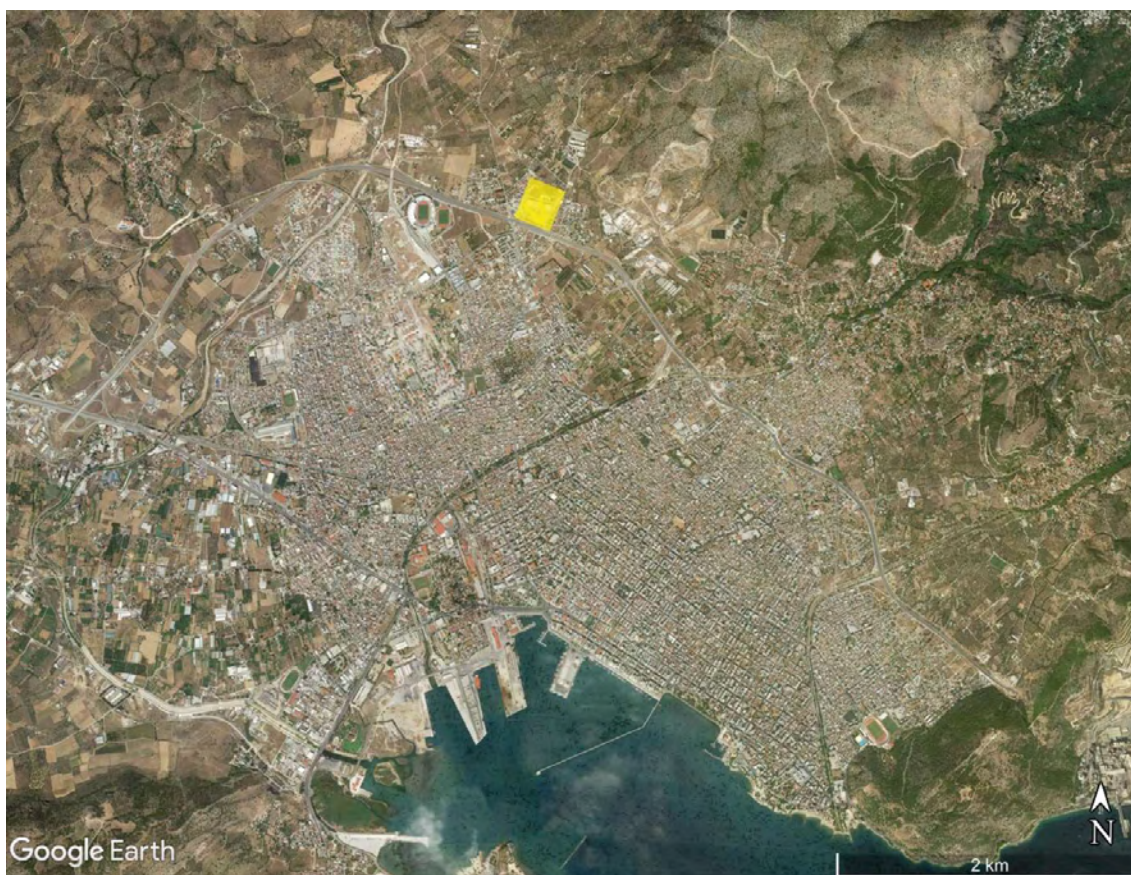
Το ερωτηματολόγιο διαμορφώθηκε με το πρόγραμμα με το διαδικτυακό πρόγραμμα Google Forms. Οι αεροφωτογραφίες προήλθαν από το Google maps, Google Earth pro και το Εθνικό Κτηματολόγιο. Η ανάλυση και συγκέντρωση των μετεωρολογικών δεδομένων και τα αποτελέσματα της πρότασης έγινε με υπολογιστικά φύλλα Microsoft Excel 2007. Τα σχέδια και οι εικόνες διαμορφώθηκαν με το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 2013 και το Adobe Photoshop CS6. Η τρισδιάστατη απεικόνιση έγινε με το πρόγραμμα Sketch Up Pro 2016.



### 3 Αποτελέσματα

#### 3.1 Περιοχή μελέτης

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην πόλη του Βόλου, στο ΒΒΔ τμήμα της, με συντεταγμένες  $39^{\circ}23'16''\text{B}$  και  $22^{\circ}56'27''\text{A}$ . Ο Βόλος είναι η έκτη κατά σειρά μεγαλύτερη πόλη στην Ελλάδα με πληθυσμό 120.733 κατοίκους (πηγή : (ΕΛΣΤΑΤ, 2014), βρέχεται από τον Παγασητικό κόλπο και βρίσκεται στους πρόποδες του βουνού του Πηλίου. Αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια της Ελλάδας και έχει μεγάλο κτιριακό απόθεμα βιομηχανικών κτιρίων, αλλά και μερικών σημαντικών νεοκλασικών κτιρίων.



Εικόνα 0-1 Η πόλη του Βόλου, με κίτρινο σημειώνεται η περιοχή μελέτης, με το κτίριο και τον περιβάλλοντα χώρο του (ημερομηνία αεροφωτογραφίας 30/08/2015, πηγή : (GoogleEarth, 2018))

Το υπό μελέτη κτίριο κατασκευάστηκε το 1967 και χρησιμοποιούνταν ως αποθήκες από την καπνοβιομηχανία Ματσάγγου. Αρκετά χρόνια μετά τη λήξη της λειτουργίας της καπνοβιομηχανίας αγοράστηκε από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας με σκοπό την επανάχρησή

του και προς τα τέλη της δεκαετίας του 1990-2000 το κτίριο ανακαινίστηκε, ώστε να στεγαστεί η χρήση που έχει μέχρι σήμερα, η Σχολή Γεωπονικών Επιστημών (Αδαμάκης, 2009). Για τις ανάγκες της νέας του χρήσης έγιναν αρκετές επεμβάσεις στο κτίριο και στον περιβάλλοντα χώρο, με σκοπό να εκπληρώσει το νέο κτιριολογικό πρόγραμμα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της νέας χρήσης (εκπαιδευτική διαδικασία, δημόσιος χαρακτήρας κλπ) αλλά και να διατηρήσει τα βιομηχανικά του χαρακτηριστικά. Το κτίριο βρίσκεται σε γήπεδο 48 στρεμμάτων, με το κτίριο να καλύπτει 7.180 τ.μ. και άλλα 800 τ.μ. ,περίπου, βοηθητικών κτιρίων που εξυπηρετούν τις εκπαιδευτικές και ανάγκες της σχολής, καθώς και τις ανάγκες μηχανολογικού εξοπλισμού. Η τοποθεσία του κτιρίου απέχει περίπου τρία χιλιόμετρα από τη θάλασσα και βρίσκεται, λίγο έξω από τον πυκνό ιστό της πόλης, στην περιοχή Φυτόκο του Δήμου Βόλου.



Εικόνα 0-2 Η περιοχή μελέτης, με κίτρινο σημειώνονται τα όρια του οικοπέδου (ημερομηνία αεροφωτογραφίας 30/08/2015,πηγή : (GoogleEarth, 2018))

Πρόκειται για ένα διώροφο κτίριο ορθογωνικής κάτοψης με μεγάλο μήκος και αυστηρή μορφολογία. Ο φέρων οργανισμός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι εμφανής στις όψεις ενώ οι εξωτερικές τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή χωρίς θερμομόνωση βρίσκονται σε εσοχή. Οι πλάκες είναι επίσης από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ για τις ανάγκες της νέα χρήσης επιστρώθηκαν με πλακίδια από συνθετικό καουτσούκ. Τα κλιμακοστάσια και οι είσοδοι

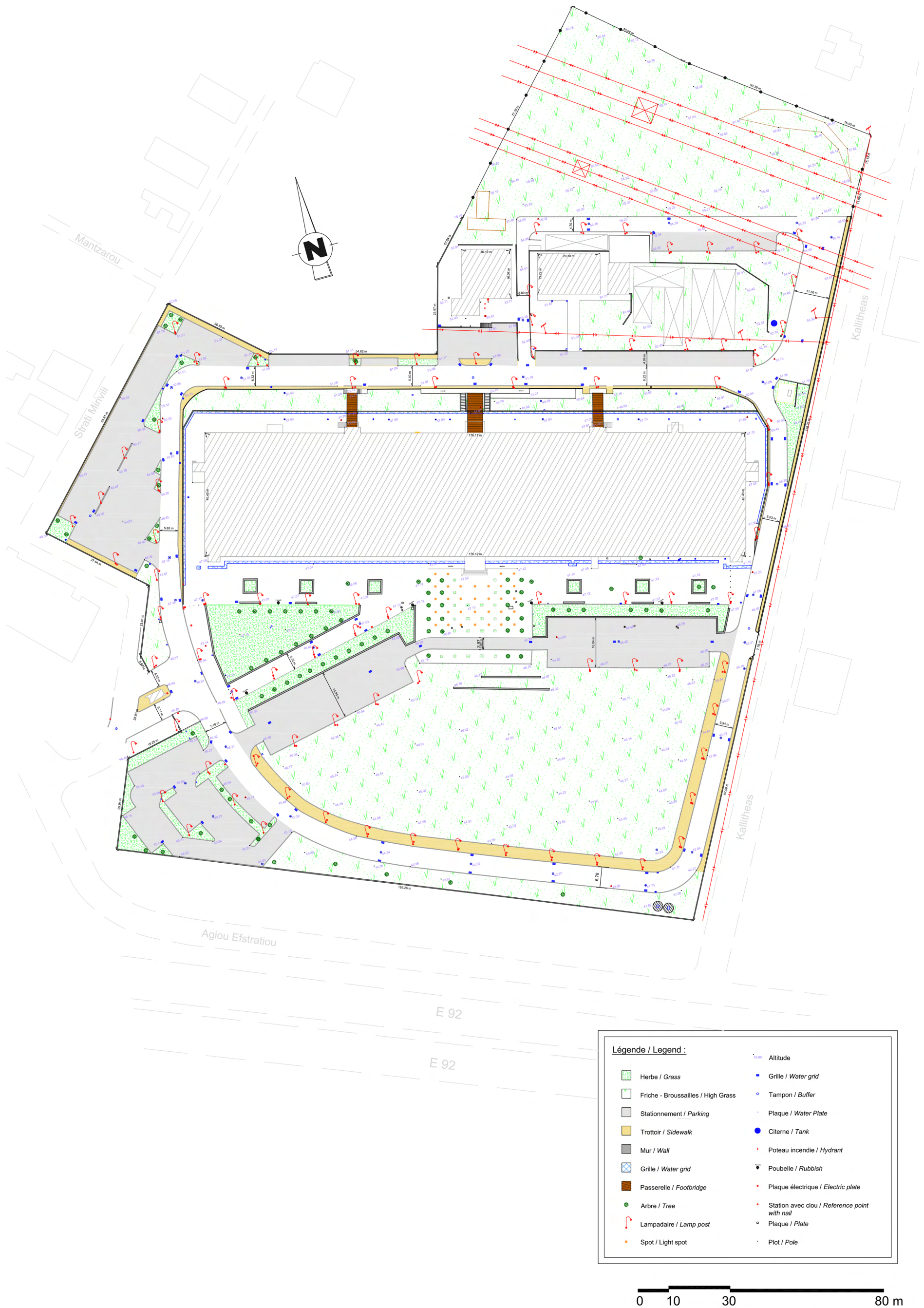


επιστρώθηκαν με μάρμαρο, ενώ οι υγροί χώροι με κεραμικά πλακίδια. Οι εσωτερικές τοιχοποιίες κατασκευάστηκαν από γυψοσανίδα, κοινή πυράντοχη ή ανθυγρή ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χώρου, πλην των κλιμακοστασίων, των ανελκυστήρων και των υγρών χώρων που κατασκευάστηκαν από δρομική οπτοπλινθοδομή(Βικέλας & Σκρουμπέλος, 1997). Η κάτοψη έχει ορθογώνιο σχήμα, και διαμορφώνεται στον άξονα Ανατολής – Δύσης, με μία μικρή κλίση λιγότερο από 20ο , γεγονός που την καθιστά σχεδόν αμελητέα, με τις δύο μεγάλες πλευρές να έχουν όψη σε Νότο και Βορρά. Στις τέσσερις πλευρές δημιουργήθηκαν ανοίγματα που διατρέχουν όλο το μήκος των όψεων. Ακριβώς επάνω από τα ανοίγματα τοποθετήθηκαν δίκτυα που εξυπηρετούν το κτίριο, τα δίκτυα αυτά διατρέχουν όλες τις όψεις και καλύπτονται από μεταλλικά φύλλα, δημιουργώντας ένα μικρό στέγαστρο στα ανοίγματα.

Ο περιβάλλον χώρος οργανώθηκε σύμφωνα με τις ανάγκες της χρήσης του κτιρίου, με τη διαμόρφωση θέσεων στάθμευσης περιμετρικά, την ασφαλτόστρωση δρόμων εσωτερικά του γηπέδου, τη διάνοιξη δύο εισόδων από του παρακείμενους εξωτερικούς δρόμους και την επίστρωση με πλάκες πεζοδρομίου και μερικά τμήματα με κυβόλιθους, περιμετρικά του κτιρίου. Βόρεια του κτιρίου τοποθετήθηκαν τα βοηθητικά κτίρια σε μία έκταση 2.500 τ.μ., η οποία χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας (θερμοκήπια κλπ). Η υψομετρική διαφορά του οικοπέδου είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαδρόμου πλάτους 7 μέτρων στο ισόγειο της Βόρειας όψης και τη διαμόρφωση πρανούς μέχρι την τελική στάθμη του δρόμου, που βρίσκεται ένα μέτρο χαμηλότερα από το επίπεδο του ορόφου. Η σύνδεση του ορόφου με τον δρόμο της Βόρειας πλευράς γίνεται με τη βοήθεια μεταλλικών γεφυρών με πλήρωση από ξύλο.

Ο κύκλος λειτουργίας για την εκπαιδευτική διαδικασία είναι από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Ιούνιο (δέκα μήνες), ενώ τα γραφεία (εκπαιδευτικό προσωπικό, διοίκηση κλπ) λειτουργούν σε όλη τη διάρκεια του έτους.

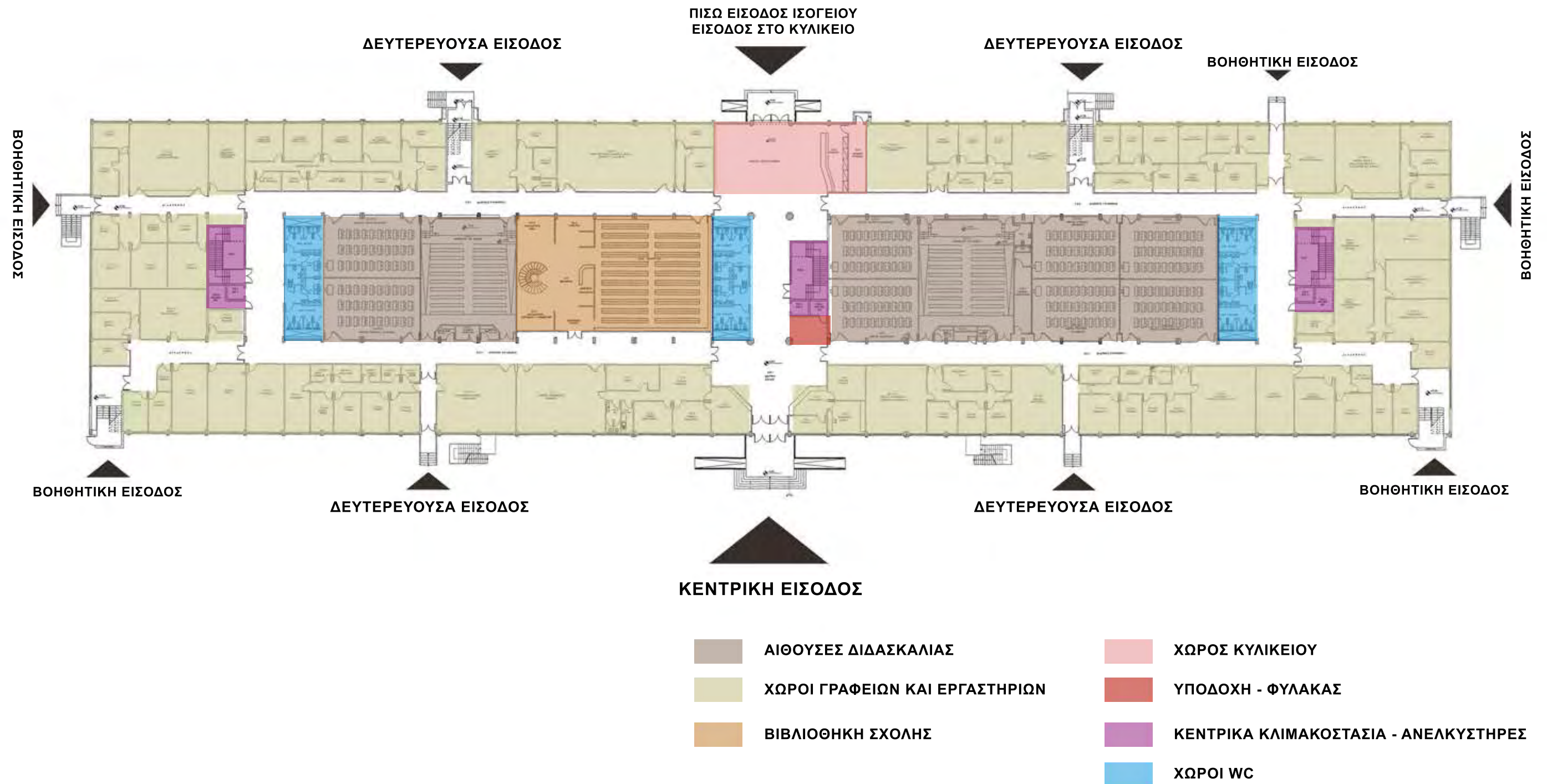
Στα παρακάτω σχέδια δίνονται η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου, όπως είναι σήμερα και η οργάνωση της κάτοψης για κάθε όροφο σύμφωνα με τις χρήσεις τους.



Σχέδιο 3-1 Ο περιβάλλον χώρος όπως αποτυπώθηκε από φοιτητές Γαλικού Πανεπιστημίου Τοπογραφίας τον Ιούλιο του 2014



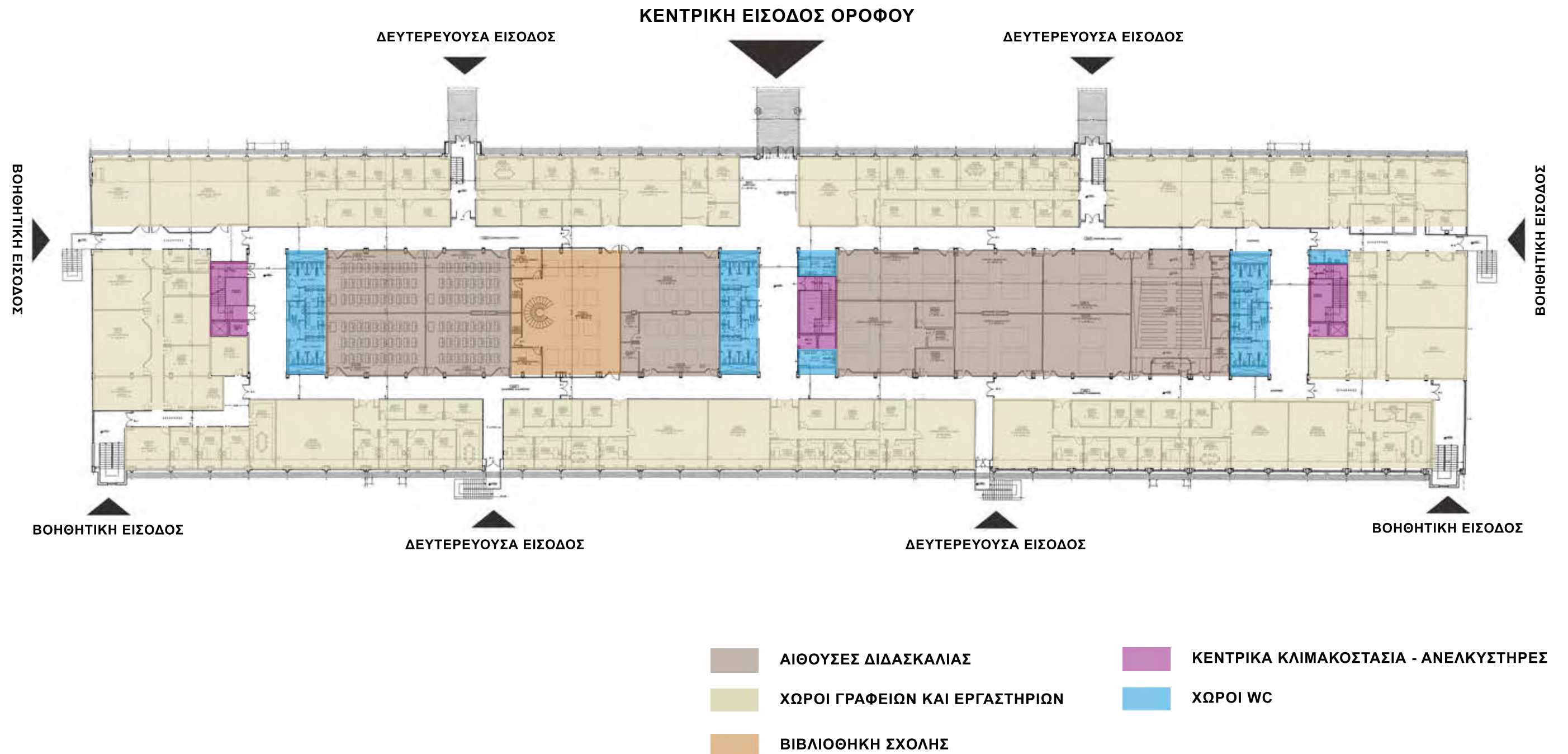
# ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



Σχέδιο 3-2 Η οργάνωση των χρήσεων και τα σημεία εισόδου στο επίπεδο του ισογείου



# ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ ΟΡΟΦΟΥ

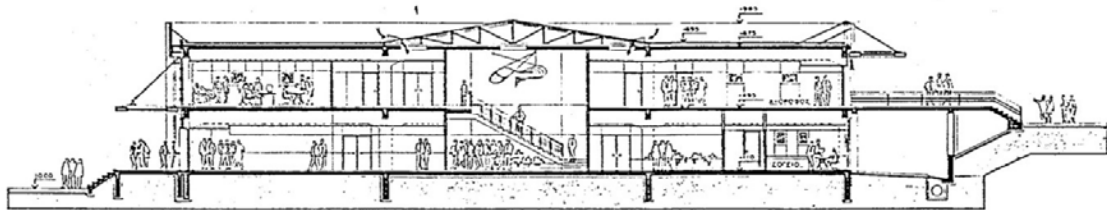


Σχέδιο 3-3 Η οργάνωση των χρήσεων και τα σημεία εσόδων στο επίπεδο του ορόφου

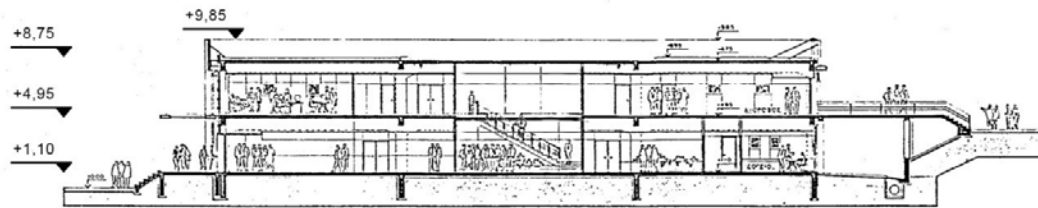


Η οργάνωση των χρήσεων έγινε σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε χώρου και ακολουθήθηκε η ίδια συνθετική ιδέα και στους δύο ορόφους. Στο κεντρικό τμήμα του κτιρίου τοποθετήθηκαν οι αίθουσες διδασκαλίας και η βιβλιοθήκη και περιμετρικά δημιουργήθηκε ο κεντρικός διάδρομος. Σε επαφή με τις εξωτερικές όψεις τοποθετήθηκαν τα γραφεία και τα εργαστήρια. Η εσωτερική κάθετη σύνδεση του ισογείου και του ορόφου έγινε πρωτίστως από τα τρία κεντρικά κλιμακοστάσια και ανελκυστήρες και δευτερευόντως από τις δευτερεύουσες και βοηθητικές εισόδους. Ο όροφος συνδέεται εξωτερικά με τον περιβάλλοντα χώρο με γέφυρες στη βόρεια όψη, λόγω της υψομετρικής διαφοράς του οικοπέδου, και με εξωτερικά κλιμακοστάσια στις υπόλοιπες τρεις όψεις.

Η αρχική μελέτη είχε βιοκλιματική προσέγγιση, προτείνοντας την τοποθέτηση περσίδων στη Νότια πλευρά για την προστασίας του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και την κατασκευή δόρυχτης στέγης, στο μεγαλύτερο μήκος του κτιρίου, για την κάλυψη των αναγκών φυσικού φωτισμού και αερισμού (εικ. 3-3). Ταυτόχρονα προέβλεπε σε μελλοντική φάση την εγκατάσταση συστημάτων BMS, τα οποία θα προσέφεραν αυτοματοποιημένα ενεργειακά συστήματα φωτισμού, θέρμανσης και φυσικού αερισμού, ώστε να επιτευχθεί ολοκληρωμένη ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου.



Εικόνα 0-3 Η εγκάρσια τομή σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης (πηγή : (Βικέλας & Σκρουμπέλος, 1997)

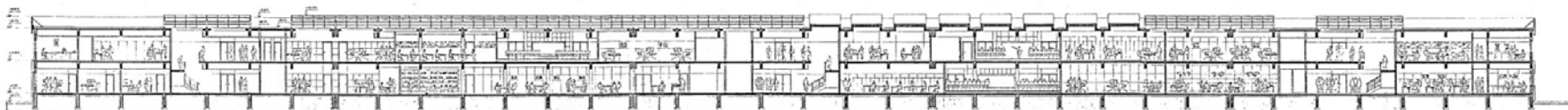


Εικόνα 0-4 Η εγκάρσια τομή του κτιρίου, όπως είναι σήμερα

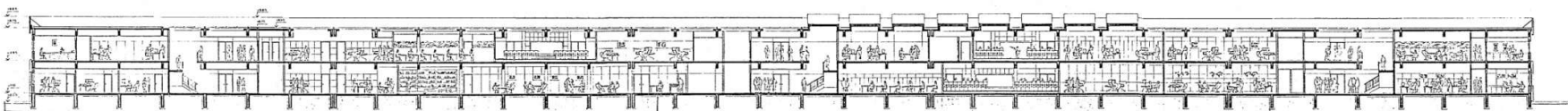
Οι προτάσεις της βιοκλιματικής μελέτης δεν κατασκευάστηκαν ποτέ, με αποτέλεσμα το κτίριο να έχει μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις. Η βιοκλιματική προσέγγιση των μελετητών θα είχε ως αποτέλεσμα την προστασία του κελύφους από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες και τη δημιουργία ζωνών ρύθμισης του μηχανολογικού εξοπλισμού, για την ιδιαίτερη αντιμετώπιση του κάθε χώρου ανάλογα με τη χρήση του. Σύμφωνα με τους μελετητές μια η βιοκλιματική προσέγγιση θα μπορούσε να έχει αποφέρει εξοικονόμηση ενέργειας από 30% έως 70%, αν συνδυαζόταν με συστήματα αυτοματοποιημένου ελέγχου (BMS).

Παρακάτω δίνεται η διαμήκης τομή, όπως σχεδιάστηκε από τους μελετητές και με τη μορφή που έχει σήμερα. Και στις δύο τομές (εγκάρσια και διαμήκης) φαίνεται η δίρριχτη στέγη που θα εξυπηρετούσε τις ανάγκες φυσικού φωτισμού και αερισμού. Στη διαμήκη τομή διακρίνεται το τμήμα της πριονωτής στέγης που καλύπτει ένα μικρό μέρος της συνολικής στέγης και προσφέρει φυσικό φωτισμό στο κεντρικό κλιμακοστάσιο και σε κάποιες αίθουσες διδασκαλίας στον όροφο. Η πριονωτή στέγη αποτελεί τμήμα του υφιστάμενου κτιρίου αποθηκών, η οποία διατηρήθηκε και στη νέα του χρήση. Το ύψος από πλάκα σε πλάκα υπολογίζεται στα 3,60-3,65 μέτρα, αλλά λόγω της διέλευσης μηχανολογικού εξοπλισμού από την οροφή, στο μεγαλύτερο τμήμα του κτιρίου, το τελικό ελεύθερο ύψος είναι 2,70 μέτρα.





Εικόνα 0-5 Η διαμήκης Τομή, όπως προτάθηκε από τη μελέτη (πηγή : (Βικέλας & Σκρουμπέλος, 1997)



0-6 Η διαμήκης Τομή, όπως είναι σήμερα.

### 3.2 Κλιματικά δεδομένα περιοχής μελέτης

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, για τη βιοκλιματική μελέτη ενός κτιρίου, λαμβάνονται υπόψη, η κλιματική ζώνη, το κλίμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, καθώς και το μικροκλίμα του οικοπέδου ή γηπέδου επέμβασης.

#### 3.2.1 Κλιματική ζώνη

Η περιοχή της Ελλάδας χαρακτηρίζεται, γενικώς, από ήπιους και υγρούς χειμώνες και σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια με μεγάλες περιόδους ηλιοφάνειας σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους, χαρακτηριστικά τυπικού μεσογειακού κλίματος. Η τοπογραφία της χώρας (μεγάλες οροσειρές, εναλλαγή ξηράς και θάλασσας) έχει ως αποτέλεσμα μία μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής (ΕΜΥ, n.d.).

#### 3.2.2 Κλίμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.), το κλίμα της Ελλάδας χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην πόλη του Βόλου σε υψόμετρο κάτω των 500 μέτρων και υπάγεται στην Β ζώνη (ΤΟΤΕΕ, 20701-3/2010). Η περιοχή του Βόλου χαρακτηρίζεται από το μεσογειακό κλίμα παραθαλάσσιων περιοχών, ενώ επηρεάζεται από την άμεση γειτνίαση με το βουνό του Πηλίου.

Για τη συγκέντρωση των κλιματικών δεδομένων του Βόλου, αναζητήθηκαν στοιχεία από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ). Ο μετεωρολογικός σταθμός της ΕΜΥ στην πόλη του Βόλου, είχε διάρκεια λειτουργίας από το 1956-1988 και τα κλιματικά δεδομένα της περιόδου αυτής συνοψίζονται στον πίνακα 3-1. Για λόγους χρονικής εγγύτητας αναζητήθηκαν περαιτέρω δεδομένα με αποτέλεσμα τη συλλογή στοιχείων από έναν ακόμη μετεωρολογικό σταθμό, που ανήκει στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, και λειτουργεί από το 2007 έως σήμερα. Άλλα στοιχεία που δεν ήταν διαθέσιμα από τους παραπάνω σταθμούς αναζητήθηκαν από τον πλησιέστερο σταθμό που βρίσκεται στην Αγχίαλο, σε υψόμετρο 15,3 μέτρα, ανήκει στην ΕΜΥ και λειτουργεί από το 1956 έως σήμερα. Ακολουθούν πίνακες με στοιχεία και από τους τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς.

3-1 Πίνακας κλιματικών δεδομένων, μετεωρολογικού σταθμού της ΕΜΥ στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής, στο Βόλο για την περίοδο 1958-1983, υψόμετρο 15 μέτρα (πηγή : (ΕΜΥ, π.δ.).

ΜΗΝΑΣ	Μέση Ατμ. Πίεση (mbs) στην επιφάνεια της θάλασσας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΟΣ (°C)					Μέση σχετική Υγρασία %	Μέση νέφωση σε όγδοα	Μέσος αριθμός ημερών βροχής	Μέσος αριθμός ημερών καταιγίδας	Μέσος αριθμός ημερών ομίχλης	ΑΝΕΜΟΣ										ΥΕΤΟΣ	
		Μέση	Μέση		Ακρότατη							Συχνότητα διευθύνσεως ανέμου επί τοις 100 και μέση δύναμη σε κλίμακα Beaufort											
			Μηνιαία μέγιστη	Μηνιαία ελαχίστη	Μεγίστη	Ελαχίστη						Μέση δύναμη σε κλίμακα Beaufort	B	BA	A	NA	N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Άπνοια	Μέγιστο ύψος υετού στο 24ωρο σε mm	Μέσο ύψος υετού Μήνα mm
Ιανουάριος	1,016.9	7.8	11.3	4.5	23.0	-8.2	72.7	4.8	10.5	0.2	0.0	2.0	59.5	2.4	1.8	2.2	5.0	1.4	4.0	6.4	17.2	173.5	58.4
Φεβρουάριος	1,015.4	9.0	12.9	5.4	24.7	-7.8	70.0	4.7	9.7	0.4	0.0	2.0	53.2	3.3	1.9	4.3	7.7	1.5	3.9	6.2	18.0	61.5	35.4
Μάρτιος	1,015.1	11.3	15.0	7.3	26.0	-3.2	69.5	4.5	9.9	0.5	0.1	2.0	37.0	6.1	4.2	8.6	13.0	2.4	3.2	5.1	20.5	70.4	40.5
Απρίλιος	1,013.0	15.4	19.4	10.5	34.0	1.8	65.7	3.7	8.2	0.7	0.1	2.0	24.3	5.7	3.3	7.0	18.7	3.3	3.3	6.6	27.9	121.0	27.3
Μάιος	1,013.4	20.1	24.0	14.9	35.2	6.2	65.0	3.1	6.6	1.7	0.1	2.0	12.9	4.5	2.6	9.0	28.1	6.7	2.7	4.7	28.9	70.0	32.5
Ιούνιος	1,013.0	24.6	28.5	19.0	37.8	11.6	61.2	2.2	5.2	1.9	0.0	2.0	11.5	2.3	2.1	9.5	37.1	5.7	3.0	4.3	24.6	60.3	22.5
Ιούλιος	1,013.0	27.0	31.0	21.3	44.2	14.0	58.1	1.3	2.8	1.9	0.0	2.0	16.0	3.2	2.5	9.4	35.9	4.7	2.1	3.3	22.9	52.2	15.1
Αύγουστος	1,012.0	26.6	30.6	21.2	39.6	14.8	60.1	1.3	2.7	1.2	0.1	2.0	14.9	3.5	1.9	7.1	35.3	5.1	1.8	4.2	26.3	40.5	10.9
Σεπτέμβριος	1,012.2	22.9	27.0	17.9	36.8	9.2	65.5	2.1	5.3	1.5	0.0	2.0	19.7	5.0	2.7	10.0	23.2	2.1	2.1	3.3	31.9	135.0	35.0
Οκτώβριος	1,016.0	17.7	21.7	13.6	30.4	1.4	70.4	3.5	8.1	1.3	0.0	2.0	35.2	7.3	1.8	5.3	14.1	1.5	2.9	2.9	29.2	107.5	51.8
Νοέμβριος	1,018.4	13.3	17.3	9.8	27.2	0.6	74.0	4.2	10.1	0.8	0.0	2.0	48.7	3.8	1.2	1.9	9.2	1.7	3.7	4.7	25.2	190.0	52.2
Δεκέμβριος	1,017.7	13.2	13.2	6.3	24.4	-6.0	73.7	4.5	10.1	0.3	0.1	2.0	58.8	2.1	1.7	2.2	5.2	1.8	4.3	5.6	18.4	43.5	47.2
Έτους Μέση	1,014.7	17.4	21.0	12.6			67.2	3.3					32.6	4.1	2.3	6.4	19.4	3.1	3.1	4.8	24.2		428.8
Ολική									89.2	12.4	0.5												
Ανώτατες Τιμές					44.2	-8.2																	

3-2 Πίνακας που διαμορφώθηκε από τα κλιματικά στοιχεία της περιόδου 2007-2018, από τον μετεωρολογικό σταθμό του Βόλου, ιδιοκτησίας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (πηγή : (ΕΑΑ, n.d.)

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΟΣ (°C)			ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%) *			ΑΝΕΜΟΣ		ΥΕΤΟΣ
	ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ		ΜΕΣΗ		ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (km/hr)	ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ (mm)
		ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ				
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8.7	12.2	5.5	86.1	63.6	74.9	3.8	W	40.7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10.3	13.9	7.0	86.1	60.7	73.4	3.8	NE	72.3
ΜΑΡΤΙΟΣ	12.7	17.0	8.8	83.7	55.1	69.4	3.7	NE	57.6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	16.4	21.3	12.1	80.3	49.8	65.0	3.7	NE	20.5
ΜΑΙΟΣ	21.1	26.3	16.7	79.2	49.5	64.4	4.2	NE	45.0
ΙΟΥΝΙΟΣ	25.6	30.8	21.0	76.3	45.9	61.1	4.4	NE	45.1
ΙΟΥΛΙΟΣ	28.3	33.4	23.6	72.0	42.9	57.4	4.7	NE	28.8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	28.0	33.0	23.6	70.1	43.0	56.6	4.1	NE	21.8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	23.5	28.2	19.4	76.1	48.0	62.1	3.8	NE	54.8
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	18.1	22.1	14.6	84.7	58.9	71.8	3.1	NE	60.0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13.9	17.6	10.7	86.8	63.9	75.4	2.6	NE	57.1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9.5	13.2	6.4	83.6	59.3	71.4	4.0	NE	69.2

\* Δεδομένα από τον Σεπτέμβριο του 2013

#### ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΟΛΟΥ

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 52m Γεωγρ. Πλάτος : 39ο 22' 31"

Ύψος αισθητήρων θερμοκρασίας/υγρασίας : 2 m

Γεωγρ. Μήκος : 22ο 57' 32"

Ύψος ανεμομέτρου: 2.5 m

Από τους παραπάνω πίνακες (πιν. 3-1, 3-2) προέκυψαν τα κλιματικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη βιοκλιματική αξιολόγηση του κτιρίου αλλά και για την μελέτη της βιοκλιματικής πρότασης. Στα μεσογειακά κλίματα οι δυσμενέστερες εποχές είναι ο χειμώνας (Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος) και το καλοκαίρι (Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος) γεγονός που φαίνεται και από τη θερμοκρασία αέρα (μέση, μέγιστη και ελάχιστη) καθώς και από το συνδυασμό αυτών των τιμών με τη σχετική υγρασία και τον άνεμο. Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες, για το χειμώνα, παρατηρείται μικρή αύξηση (1-3 °C) της μέσης ελάχιστης και της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας του αέρα, για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, ενώ το Δεκέμβριο η θερμοκρασία αέρα παραμένει σχεδόν στα ίδια επίπεδα. Για τους μήνες του καλοκαιριού, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η μέση μηνιαία μέγιστη και η μέση μηνιαία ελάχιστη έχει αυξηθεί επίσης 1-3 °C . Οι τιμές της σχετικής υγρασίας έχουν παραμείνει σχεδόν στα ίδια επίπεδα, με το χειμώνα η μέση σχετική υγρασία να κυμαίνεται κοντά στο 70% και το καλοκαίρι κοντά στο 60%.

Ο άνεμος παρουσιάζει τις μεγαλύτερες αλλαγές με τις πρόσφατες μετρήσεις να εμφανίζουν ως επικρατέστερη διεύθυνση ανέμου για όλο σχεδόν το χρόνο, τη Βορειοανατολική (NE). Αντίθετα τα στοιχεία μέχρι το 1983 έδειχναν ότι η επικρατούσα διεύθυνση για τους μήνες του χειμώνα, ήταν η Βόρεια, ενώ για τους μήνες του καλοκαιριού, η Νότια. Η αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου διαφοροποιεί τη συνολική αίσθηση ψύχους και θερμότητας για όλο το χρόνο. Οι Βόρειοι άνεμοι είναι κατά κανόνα ψυχρότεροι στο Βόρειο ημισφαίριο με αποτέλεσμα να ενισχύουν την αίσθηση ψύχους το χειμώνα και να προσφέρουν δροσισμό το καλοκαίρι. Η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους που λαμβάνεται υπόψη στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, καθώς καθορίζουν την προστασία του κτιρίου το χειμώνα, αλλά και τις διόδους ανοιγμάτων το καλοκαίρι, ώστε ο άνεμος να εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου.

Τέλος, σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και στο μέσο ετήσιο ύψος νετού, το οποίο παρουσιάζει αύξηση σχεδόν 25%. Το μέσο ύψος νετού έχει αυξηθεί σχεδόν σε όλους του μήνες, με σημαντικά μεγάλη αύξηση τους μήνες Φεβρουάριο, Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο.

Ένα επιπλέον στοιχείο, που είναι απαραίτητο στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Οι παραπάνω σταθμοί δεν έχουν στοιχεία ηλιοφάνειας, με αποτέλεσμα να αναζητηθούν δεδομένα από τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό στην πόλη του Βόλου.

Πίνακας 3-3 Κλιματικά στοιχεία των δυσμενέστερων μηνών χειμώνα – καλοκαιριού από το μετεωρολογικό σταθμό της Αγχιάλου (πηγή : (TOTEE, 20701-3/2010)

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
			ΑΠΟΛΥΤΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΕΠΙΚΡ/ΣΑ ΔΙ/Νση	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΩΣΗ		
Αγχιάλος	39° 13'	ΙΟΥΛ	11,2	18,8	31,1	46,2	Α	1,9	353,0	1,7	17,2	1956 - 2001
		ΑΥΓ	11,0	18,7	30,8	44,0	Α	1,9	334,8	1,6	16,6	
	22° 48'	ΙΑΝ	-9,8	2,8	11,1	24,0	ΒΔ	1,9	118,8	4,8	47,4	
		ΦΕΒ	-7,6	3,5	12,3	26,0	Δ	1,9	118,2	4,8	46,0	

Με την παραδοχή ότι οι συνθήκες ηλιοφάνειας για τη Νέα Αγχιάλο και το Βόλο συμπίπτουν σε σημαντικό βαθμό, παρατηρείται τρεις φορές μεγαλύτερη διάρκεια (σε ώρες) ηλιοφάνειας το καλοκαίρι σε σύγκριση με το χειμώνα. Την περίοδο του χειμώνα, όμως, η διάρκεια της ημέρας είναι σημαντικά μικρότερη, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας του χειμώνα μπορούν να αξιοποιηθούν για ηλιακά κέρδη. Αντίθετα την περίοδο του καλοκαιριού είναι απαραίτητη η προστασία του κτιρίου, αλλά και του περιβάλλοντα χώρου του από την ηλιακή ακτινοβολία.

### 3.2.3 Μικροκλίμα

Η θέση του κτιρίου βρίσκεται σχεδόν κεντρικά του γηπέδου και όπως προαναφέρθηκε σε αραιοκατοικημένη περιοχή. Το κτίριο δεν σκιάζεται από παρακείμενα κτίρια, ενώ γειτνιάζει με δρόμο που αναπτύσσονται σχετικά μεγάλες ταχύτητες, τον Περιφερειακό δρόμο της πόλης. Ταυτόχρονα παρατηρείται έλλειψη βλάστησης και χρήση υλικών επίστρωσης (άσφαλτος, πλάκες πεζοδρομίου κλπ) που επηρεάζουν αρνητικά τις συνθήκες άνεσης την περίοδο του καλοκαιριού.

### 3.3 Βιοκλιματική αξιολόγηση κτιρίου

Στις δύο προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν τα βασικά στοιχεία του υφιστάμενου κτιρίου, καθώς και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, όπου βρίσκεται. Το ερωτηματολόγιο στάλθηκε σε όλους τους εργαζόμενους του κτιρίου. Ο αριθμός των απαντήσεων που συλλέχθηκαν δεν θεωρήθηκε ικανός για στατιστική ανάλυση (14 απαντήσεις σε σύνολο 80 εργαζομένων). Επισημαίνεται όμως, η σπουδαιότητα της αξιολόγησης των συνθηκών άνεσης από τους ίδιους του χρήστες. Για το σύνολο του κτιρίου θεωρήθηκε ότι απουσιάζει η θερμομόνωση από όλες τις εξωτερικές τοιχοποιίες και ότι τα εξωτερικά κουφώματα δεν είναι ενεργειακά. Ο διαχωρισμός των χώρων έγινε σύμφωνα με τις λειτουργίες (σχέδιο 3-2, 3-3) και τον προσανατολισμό. Τα γραφεία και τα εργαστήρια (ιδιωτικοί χώροι ή μικρής συγκέντρωσης) είναι σε επαφή με τις τέσσερις όψεις, ενώ οι αίθουσες διδασκαλίας, οι υγροί χώροι και οι διάδρομοι κυκλοφορίας (δημόσιοι χώροι) βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του κτιρίου.

#### 3.3.1 Θερμική άνεση

Για τη βιοκλιματική αξιολόγηση αναλύονται ξεχωριστά η ψυχρή και η θερμή περίοδος, για κάθε τμήμα του κτιρίου, ανάλογα με τη θέση και τη λειτουργία τους μέσα στο κτίριο.

##### Ψυχρή περίοδος

Η Βόρεια πλευρά είναι εκτεθειμένη στους επικρατούντες βορειοανατολικούς ανέμους δημιουργώντας σημαντικές θερμικές απώλειες από τα μεγάλα ανοίγματα και από την απουσία θερμομόνωσης του κελύφους. Η υπάρχουσα βλάστηση και τα βοηθητικά κτίρια της βορινής πλευράς δεν επαρκούν για την προστασία της. Ο όροφος παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμικές απώλειες, καθώς το ισόγειο προστατεύεται εν μέρει από την υψομετρική διαφορά του οικοπέδου. Τα βοηθητικά κτίρια βόρεια της βορινής πλευράς βοηθούν εν μέρει στην προστασία του κελύφους από τους ανέμους.

Η Ανατολική πλευρά είναι επίσης εκτεθειμένη στους ψυχρούς Βορειοανατολικούς ανέμους και έχει και αυτή θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα και από τα υλικά πλήρωσης του κελύφους. Η ηλιακή ακτινοβολία προσδίδει ελάχιστα θερμικά κέρδη, λόγω του ύψους και της θέσης του ήλιου το χειμώνα. Παρατηρείται απουσία βλάστησης σε όλο το μήκος της πλευράς.

Για τις δύο αυτές πλευρές, σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα, ο μήνας Ιανουάριος έχει λίγο μικρότερες θερμικές απώλειες καθώς η επικρατούσα διεύθυνση είναι η Δυτική. Για

τη Δυτική πλευρά όμως, ο Ιανουάριος είναι ο δυσμενέστερος ενώ ο Δεκέμβριος και ο Φεβρουάριος είναι ελαφρώς ηπιότεροι. Στη Δυτική πλευρά, όπως και στην Ανατολική, τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία είναι ελάχιστα, για τους ίδιους λόγους.

Η Νότια πλευρά έχει τις μικρότερες θερμικές απώλειες από κάθε άλλη πλευρά που έρχεται σε επαφή με τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες. Οι επικρατούντες άνεμοι του χειμώνα, Βορειοανατολικής διεύθυνσεως, δεν επηρεάζουν το συγκεκριμένο τμήμα του κτιρίου, ενώ η ηλιακή ακτινοβολία προσφέρει ηλιακά κέρδη μέσα από τα ανοίγματα που διατρέχουν τη Νότια Όψη σε όλο το μήκος της.



Εικόνα 0-1 Επίδραση ανέμων και ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο κατά τη χειμερινή περίοδο

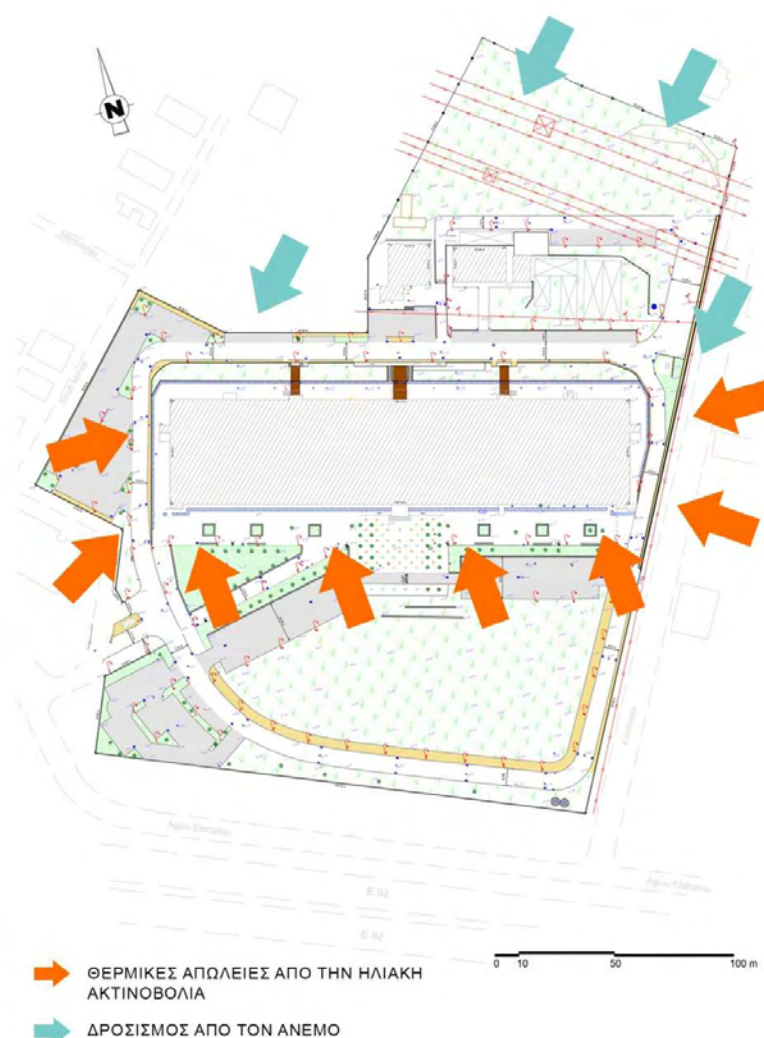
Σε όλες τις πλευρές, θερμικά κέρδη προσδίδονται από την παρουσία ενεργοβόρων συσκευών, ηλεκτρονικός εξοπλισμός γραφείων και εργαστηρίων, αλλά και από το γεγονός ότι για κάθε έναν από αυτούς του χώρους οι υπόλοιπες πλευρές είναι σε επαφή με κλειστούς



χώρους, πλην των γωνιακών χώρων. Τις θερμικές απώλειες καλύπτουν τα τεχνητά συστήματα θέρμανσης.

#### Θερμή περίοδος

Η Βόρεια πλευρά έχει τις μικρότερες θερμικές απώλειες, καθώς εκτίθεται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, κυρίως το πρωί, στην ηλιακή ακτινοβολία. Στον όροφο, οι επικρατούντες βορειοανατολικοί άνεμοι ενισχύουν το φυσικό δροσισμό, αντίθετα το ισόγειο έχει μεγαλύτερες θερμικές απώλειες, καθώς εκτίθεται πολύ λιγότερο στους ανέμους και δέχεται ακτινοβολία από τον τοίχο αντιστήριξης και την επίστρωση του εδάφους (κυρίως πλάκες πεζοδρομίου).



Εικόνα 0-2 Επίδραση ανέμων και ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο κατά τη θερινή περίοδο.

Η Ανατολική πλευρά εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία κατά τις πρωινές ώρες και επομένως είναι οι δυσμενέστερες για αυτή την πλευρά. Η απουσία βλάστησης επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να θερμάνει το κέλυφος, αλλά και τα σκληρά υλικά του περιβάλλοντος χώρου, με αποτέλεσμα να υπάρχουν θερμικές απώλειες από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στα ανοίγματα και τα δομικά στοιχεία, αλλά και από την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις επιφάνειες επίστρωσης εδάφους και από τον τοίχο αντιστήριξης. Η παρουσία των Βορειοανατολικών ανέμων ενισχύει το φυσικό δροσισμό στον όροφο.

Η Δυτική πλευρά εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία κατά τις απογευματινές ώρες, οι οποίες είναι και οι δυσμενέστερες, καθώς η πολύωρη έκθεση των γύρω επιφανειών σε όλη τη διάρκεια της ημέρας αυξάνει κατά πολύ και τη θερμοκρασία του αέρα. Επομένως η Δυτική πλευρά δέχεται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις γύρω επιφάνειες, που έχουν αποθηκεύσει θερμότητα σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Και εδώ η απουσία της βλάστησης δυσχεραίνει τις συνθήκες θερμικής άνεσης για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

Η Νότια πλευρά είναι η πλευρά που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία στη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας. Τα μεταλλικά στέγαστρα (των δικτύων) βοηθούν εν μέρει στη σκίαση των ανοιγμάτων αλλά δεν επαρκούν. Η απουσία σκίασης έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δυσμενών συνθηκών μέσα στο κτίριο.

Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με τις εσωτερικές χρήσεις που μπορεί να παράγουν θερμότητα (ανθρώπινη δραστηριότητα, ηλεκτρονικός εξοπλισμός) και με την απουσία του φυσικού δροσισμού στο μεγαλύτερο τμήμα του κτιρίου, επηρεάζουν αρνητικά τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό. Τις θερμικές απώλειες καλύπτουν τα τεχνητά συστήματα ψύξης.

#### Κεντρικά τμήματα κτιρίου στις δύο περιόδους

Οι τέσσερις πλευρές του κτιρίου έχουν δύο ζώνες χώρων, την πρώτη που έρχεται σε επαφή με τις εξωτερικές συνθήκες και μία δεύτερη ανάμεσα από την πρώτη και τους περιμετρικούς κεντρικούς διαδρόμους των κτιρίων. Η δεύτερη αυτή ζώνη, δεν έχει καθόλου ανοίγματα και παρουσιάζει ελάχιστες θερμικές απώλειες, καθώς δεν εκτίθεται από κανένα σημείο στις εξωτερικές συνθήκες.

Το κεντρικό τμήμα του κτιρίου, στο οποίο βρίσκονται οι δημόσιοι χώροι, επίσης δεν έχει καθόλου ανοίγματα και δεν έρχεται σε επαφή με τις εξωτερικές συνθήκες με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζει θερμικές απώλειες.

Ο αέρας στο εσωτερικό του κτιρίου ανανεώνεται κυρίως στο σημείο της κεντρικής εισόδου και σε πολύ μικρό βαθμό από τις δευτερεύουσες και βοηθητικές εισόδους. Η ανανέωση του αέρα δεν επαρκεί για τις ανάγκες δροσισμού και φρέσκου αέρα, κυρίως στους χώρους που δεν έχουν παράθυρα, στο μεγαλύτερο τμήμα του κτιρίου.

### 3.3.2 Οπτική άνεση

Η Βόρεια πλευρά του κτιρίου έχει σταθερό φωτισμό, που για τη χρήση των γραφείων και των εργαστηρίων είναι επιθυμητή. Το ισόγειο της Βόρειας πλευράς βρίσκεται σε δυσμενέστερη θέση, κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω της υψομετρικής διαφοράς με το δρόμο .

Η Ανατολική και η Δυτική πλευρά έχουν επαρκή φωτισμό σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους, πλην των καλοκαιρινών μηνών που μπορεί να προκαλείται θάμβωση τις πρωινές και απογευματινές ώρες αντίστοιχα, από την απουσία βλάστησης και κάθετης σκίασης.

Η Νότια πλευρά έχει επαρκή φωτισμό σε όλη τη διάρκεια του έτους και για όλη την ημέρα. Η απουσία σκίασης και βλάστησης μπορεί να οδηγήσει σε θάμβωση και δυσκολία συγκέντρωσης.

Η δεύτερη ζώνη στην κάθε πλευρά δεν έχει καθόλου παράθυρα με αποτέλεσμα να απαιτεί συνεχώς φωτισμό με τεχνητά μέσα. Το ίδιο ισχύει και για το κεντρικό τμήμα του κτιρίου (διάδρομοι κυκλοφορίας, αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκη κλπ), που το φως εισέρχεται μόνο από τις εισόδους και από την πριονωτή στέγη σε κάποιες αίθουσες διδασκαλίας στους ορόφους.

Γίνεται αντιληπτό ότι ο φωτισμός στο μεγαλύτερο μέρος του κτιρίου γίνεται μόνο με τεχνητά μέσα.

### 3.3.3 Ακουστική άνεση

Η Νότια πλευρά έχει θέαση προς τον Περιφερειακό δρόμο (Ε92). Ο θόρυβος που προκαλούν τα οχήματα, που αναπτύσσουν ταχύτητα στο δρόμο, επηρεάζει αρνητικά τις συνθήκες ακουστικής άνεσης στο εσωτερικό των χώρων, που βρίσκονται στη νότια όψη. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζονται η ανατολική και δυτική πλευρά, ενώ η βόρεια πλευρά και το κεντρικό τμήμα δεν επηρεάζονται καθόλου.

### 3.4 Βιοκλιματική αξιολόγηση περιβάλλοντα χώρου

Το μεγαλύτερο μέρος του περιβάλλοντα χώρου αποτελείται από χώρους στάθμευσης, δρόμους για την κυκλοφορία των αυτοκινήτων και πεζοδρόμια. Οι χώροι στάθμευσης και οι δρόμοι έχουν επιστρωθεί από άσφαλτο με επιφάνεια 10.000 τ.μ., ενώ τα πεζοδρόμια από πλάκες πεζοδρομίου και κυβόλιθους από τσιμέντο με επιφάνεια 5.000 τ.μ.. Η άσφαλτος και το σκυρόδεμα είναι δύο υλικά που έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα, που λόγω της απουσίας ψύξης με εξαέρωση, παρουσιάζουν μεγάλες επιφανειακές θερμοκρασίες (Τζώρτζη, 2000). Η θερμότητα που απορροφάται, εκπέμπεται, μέσω της ακτινοβολίας στο περιβάλλον επιδρώντας αρνητικά στις συνθήκες άνεσης στον περιβάλλοντα χώρο, αλλά και στα κτίρια που γειτνιάζουν (Χατζηδημητρίου, 2012). Στη Νότια πλευρά του γηπέδου υπάρχει ελεύθερος χώρος (7.000 τ.μ.) με εδαφοκάλυψη κυρίως από χώμα και άγρια χόρτα. Τα δέντρα είναι πολύ λίγα και δεν επαρκούν για τη σκίαση τόσο του κτιρίου, όσο και για τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος θερμικής και οπτικής άνεσης, για τους καλοκαιρινούς μήνες.

Συνολικά ο περιβάλλον χώρος παρουσιάζει έλλειψη βλάστησης, κυρίως σε δέντρα και οι μεγάλες επιφάνειες σκληρών υλικών δημιουργούν θερμότερο περιβάλλον κατά τους θερινούς μήνες. Οι χώροι στάσης απουσιάζουν επίσης και οι πεζοί περιορίζονται σε πολύ μικρές κινήσεις μέσα στο χώρο. Η έλλειψη συνολικού σχεδιασμού, καθώς και η αλληλεπίδραση με το κτίριο δημιουργούν αισθητικό τοπίο που δεν ανταποκρίνεται στις ανάγκες της Πανεπιστημιακής Σχολής.

### 3.5 Βιοκλιματικός στόχος της πρότασης

Βιοκλιματικός στόχος της σχεδιαστικής πρότασης είναι η επίλυση των παραπάνω προβλημάτων για τη δημιουργία συνθηκών άνεσης μέσα και έξω από το κτίριο και την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι άξονες σχεδιασμού χωρίζονται ανάλογα με την εποχή και το τμήμα της περιοχής επέμβασης.

#### Ψυχρή περίοδος

α. Προστασία από τους χειμερινούς ανέμους στις τρεις πλευρές του κτιρίου κατά τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο.

β. Διατήρηση και ενίσχυση ηλιακών κερδών στη Νότια πλευρά.

#### Θερμή περίοδος

α. Προστασία του κελύφους από την ηλιακή ακτινοβολία, κυρίως στη Νότια και δευτερευόντως στην Δυτική και Ανατολική πλευρά.

β. Μείωση της ακτινοβολίας από τα υλικά του περιβάλλοντα χώρου.

γ. Φυσικός αερισμός για την επίτευξη δροσισμού.

#### Κεντρικό τμήμα κτιρίου

α. Επίτευξη φυσικού φωτισμού

β. Επίτευξη φυσικού αερισμού

#### Περιβάλλον χώρος

α. Βελτίωση μικροκλίματος

β. Δροσισμός κατά τους θερινούς μήνες

γ. Βελτίωση του αισθητικού τοπίου

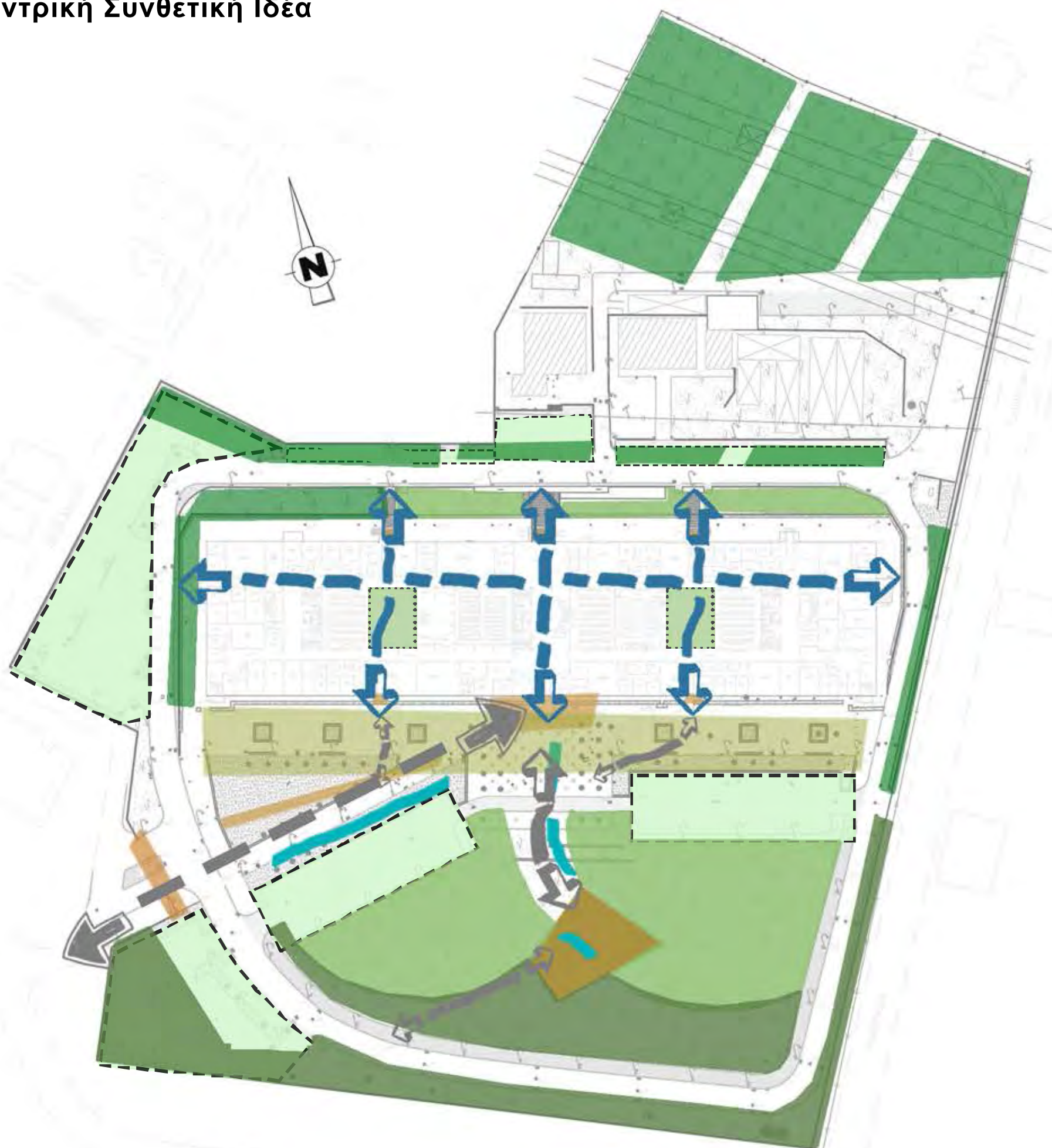
δ. Δημιουργία νέων χρήσεων

ε. Προστασία από το θόρυβο

στ. Ολοκληρωμένη διαχείριση για εξοικονόμηση νερού.

Οι παραπάνω άξονες συνοψίζονται στην Κεντρική Συνθετική Ιδέα που ακολουθεί.

## Κεντρική Συνθετική Ιδέα



### Υπόμνημα

- αλλαγή επίστρωσης στους χώρους στάθμευσης και σκίαση με δέντρα
- χαμηλή φύτευση < 1m
- προστασία από το θόρυβο με φύτευση αιθαλών θάμνων και δέντρων
- προστασία από τον άνεμο με φύτευση αιθαλών θάμνων και δέντρων
- δημιουργία αιθρίων \_ εισροή βλάστησης και φυσικού φωτισμού και αερισμού στο κτίριο
- φύτευση φυλλοβόλων δέντρων\_σκίαση κατά τους θερινούς μήνες
- χώρος στάσης
- μεταλλικά στέγαστρα με πλήρωση από ξύλο
- υγρό στοιχείο
- κίνηση πεζών \_ συνδέσεις εισόδων
- κίνηση αέρα \_ κίνηση πεζών στο εσωτερικό του κτιρίου

0 10 50 100 m

Σχέδιο 3-4 Κεντρική Συνθετική Ιδέα

### 3.6 Κεντρική Συνθετική Ιδέα

Για τις ανάγκες επίτευξης των παραπάνω στόχων έγινε επανασχεδιασμός του περιβάλλοντα χώρου, με αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις μέσα και έξω από το κτίριο και με βασικό εργαλείο τη βλάστηση.

#### 3.6.1 Ψυχρή περίοδος

Κύρια πηγή θερμικών απωλειών είναι η έκθεση της Βόρειας, Ανατολικής και Δυτικής πλευράς στους Βορειοανατολικούς και Δυτικούς ανέμους κατά τους χειμερινούς μήνες. Προτείνεται η δημιουργία ζώνης ανεμοφράκτη με αειθαλείς θάμνους και αειθαλή δέντρα, για την προστασία και των τριών πλευρών από τον άνεμο κατά τους ψυχρούς μήνες. Η Νότια πλευρά παρουσιάζει θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, επομένως συστήνεται φύτευση με φυλλοβόλα δέντρα, ώστε να εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου.

#### 3.6.2 Θερμή περίοδος

Στην Ανατολική και Δυτική πλευρά η ζώνη ανεμοφράκτη προστατεύει το κέλυφος από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ στη Βόρεια (στο τμήμα του κεκλιμένου επιπέδου που δεν προτείνεται ανεμοφράκτης) συστήνεται χαμηλή φύτευση φυλλοβόλων και αειθαλών θάμνων στο κεκλιμένο επίπεδο για την απορρόφησή της. Η Νότια πλευρά βρίσκεται στη δυσμενέστερη θέση, λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων με μεγάλο ύψος για τις ανάγκες σκίασης κατά τους θερινούς μήνες, τόσο των ανοιγμάτων, όσο και των δομικών στοιχείων (τοιχοποιίες, φέρων οργανισμός), σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα μεταλλικά στέγαστρα μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις θερμικές απώλειες.

#### 3.6.3 Κεντρικό τμήμα κτιρίου

Το κεντρικό τμήμα του κτιρίου δεν παρουσιάζει μεγάλες θερμικές απώλειες. Η απουσία φυσικού φωτισμού και αερισμού αντιμετωπίστηκαν με την πρόταση για τη δημιουργία δύο νέων ανοικτών αιθρίων, ώστε να επιτευχθεί η εσωτερική κίνηση του αέρα από τις δευτερεύουσες εισόδους. Οι Βορειοανατολικοί άνεμοι οδηγούνται μέσα από τη βλάστηση του ανεμοφράκτη στις τρεις εισόδους της Βόρειας πλευρά και την είσοδο της Ανατολικής, εισέρχονται στο κτίριο και εξέρχονται από τις αντίστοιχες εισόδους της Νότιας και Δυτικής πλευράς ή από τα ανοικτά αίθρια με τη μορφή καμινάδας.



### 3.6.4 Περιβάλλον χώρος

Οι χρήσεις που έχει σήμερα ο περιβάλλον χώρος διατηρηθήκαν στις ίδιες θέσεις (χώροι στάθμευσης, δρόμοι, χώροι εκπαιδευτικής διαδικασίας) με στόχο την ομαλότερη επίτευξη της πρότασης. Γενική αρχή της επέμβασης ήταν η σκίαση του μεγαλύτερου τμήματος και η αλλαγή των επιστρώσεων, όπου είναι εφικτό, με στόχο την αλλαγή του μικροκλίματος προς όφελος του κτιρίου. Ταυτόχρονα ο σχεδιασμός έγινε με άξονα τις βελτίωση του αισθητικού τοπίου για τους χρήστες και την ενθάρρυνσή τους να διευρύνουν τους χώρους συνάθροισης και έξω από το κτίριο. Η βλάστηση αποτέλεσε εργαλείο για τη βελτίωση του μικροκλίματος και την προστασία, από τον άνεμο το χειμώνα, την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και το θόρυβο σε όλη τη διάρκεια του έτους, με τη χρήση ποικίλων φυτικών ειδών. Για τις ανάγκες της θερμικής άνεσης εισάγεται το στοιχείο του νερού, το οποίο λειτουργεί ως μέθοδος δροσισμού. Η βελτίωση του αισθητικού τοπίου και η ολοκληρωμένη διαχείρισή του ως αναπόσπαστο κομμάτι του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των χρηστών.

Στο σχέδιο που ακολουθεί αποτυπώνονται οι παραπάνω στόχοι και άξονες διαμορφώνοντας την Γενικό Σχέδιο Πρότασης.



Γενικό Σχέδιο Διαμόρφωσης



Σχέδιο 3-5 Γενικό Σχέδιο Διαμόρφωσης

### 3.7 Γενικό Σχέδιο Πρότασης

#### 3.7.1 Αρχιτεκτονική σύνθεση

Κεντρική ιδέα της αρχιτεκτονικής σύνθεσης ήταν η ανάδειξη όλων των σημαντικών συνδέσεων μεταξύ των χρήσεων, μέσα και έξω από το κτίριο. Οι βασικές χρήσεις του περιβάλλοντα χώρου διατηρήθηκαν στα ίδια σημεία, αλλά αναδείχθηκαν με αρχιτεκτονικές και φυτικές παρεμβάσεις. Ο περιβάλλον χώρος αλληλεπιδρά με το κτίριο, με αποτέλεσμα την εισροή στοιχείων από τον ένα χώρο στον άλλον.

Ξεκινώντας από την είσοδο στο γήπεδο, στην οποία τοποθετείται μεταλλικό στέγαστρο, με πλήρωση από ξύλο, σε μεγάλο ύψος σηματοδοτώντας την κεντρική είσοδο της Πανεπιστημιακής Σχολής. Το στοιχείο αυτό επαναλαμβάνεται στην κύρια διαδρομή των πεζών προς την είσοδο του κτιρίου, η οποία διευρύνεται για λόγους οπτικής σύνδεσης των δύο κεντρικών εισόδων (γήπεδου - κτιρίου), αλλά και για να αναδείξει τη σημασία της πρώτης επαφής του επισκέπτη με τον περιβάλλοντα χώρο. Ίδιου τύπου στέγαστρο, μεγάλης επιφάνειας, τοποθετείται στην κεντρική είσοδο του κτιρίου, κατευθύνοντας τον επισκέπτη προς αυτή. Μικρότερης επιφάνειας στέγαστρα με τα ίδια υλικά τοποθετούνται στις δευτερεύουσες εισόδους. Η χρήση του στεγαστρου έχει διπλή σημασία, καθώς αρχιτεκτονικά αναδεικνύει τις βασικές εισόδους και διαδρομές και ταυτόχρονα σκιάζει και προστατεύει από τη βροχή.

Η έλλειψη χώρων στάσης στον εξωτερικό χώρο, οδήγησε στην απόφαση δημιουργίας ενός κεντρικού δημόσιου χώρου, στον μεγάλης έκτασης ελεύθερο χώρο του οικοπέδου, νότια του κτιρίου και σε άμεση σχέση με την κεντρική είσοδο του κτιρίου. Στην κεντρική πλατεία τοποθετείται μεγάλης επιφάνειας κερκίδα με τρεις αναβαθμούς, δίνοντας οπτική από τρία διαφορετικά ύψη, καθώς και εξοπλισμός καθισμάτων στο οριζόντιο επίπεδο. Όλες οι επεμβάσεις έχουν κύριο υλικό πλήρωσης το ξύλο, κατάλληλο για εξωτερικούς χώρους, δημιουργώντας οικεία και θελκτική ατμόσφαιρα. Η παρουσία της κερκίδας αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο διαμόρφωσης σε ανοιχτούς πανεπιστημιακούς χώρους. Η οπτική σύνδεση της πλατείας με την κεντρική είσοδο, καθώς και η εισαγωγή του υγρού στοιχείου, προσκαλεί τον επισκέπτη να περιηγηθεί σε μία νέα χρήση και να διευρύνει τους χώρους συνάθροισης έξω από το κτίριο.

Οι νέες διαδρομές μέσα από τη βλάστηση, έγιναν με στόχο την εισαγωγή του επισκέπτη στο φυσικό τοπίο, αλλά και την ταχεία απομάκρυνσή του από το κτίριο σε περίπτωση κινδύνου.

Η κίνηση των πεζών στο εσωτερικό του κτιρίου οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας δύο νέων συνδέσεων μεταξύ των δευτερευόντων εισόδων στη νότια και βόρεια πλευρά. Η

διάνοιξη περάσματος στα δύο νέα αυτά σημεία, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο νέων ανοικτών αιθρίων. Τα αίθρια έχουν πολλαπλή επίδραση στο κτίριο. Αποτελούν συνέχεια του περιβάλλοντα χώρου, χωρίς να θεωρούνται εξωτερικός χώρος, με την εισροή βλάστησης στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα δύο νέα αίθρια καταργούν ένα τμήμα των κλειστών χώρων του κτιρίου (αίθουσες διδασκαλίας και αμφιθέατρο), αλλά εισάγουν το φυσικό φωτισμό και αερισμό στο κεντρικό τμήμα του κτιρίου. Στα περιμετρικά όρια του αιθρίου με τους διαδρόμους κυκλοφορίας τοποθετούνται μεγάλες επιφάνειες γυαλιού, σταθερού και ανοιγόμενου, ώστε να επιτευχθεί η διάχυση του φυσικού φωτισμού και η κυκλοφορία του αέρα. Στα όρια με τις αίθουσες διδασκαλίας και τη βιβλιοθήκη τοποθετούνται μικρότερα ανοίγματα, σταθερά και ανοιγόμενα, με επιφάνειες διαφανείς και αδιαφανείς, με στόχο το σταθερό φυσικό φωτισμό, αλλά και το φυσικό αερισμό. Η διαδρομή μέσα στα αίθρια συνδέει τις δύο εισόδους σε αυτό και κατ' επέκταση τις εξωτερικές εισόδους του κτιρίου, ώστε η κίνηση των ατόμων να διευκολύνει την κίνηση του αέρα. Η δημιουργία αιθρίου εισάγει στο κτίριο επιπλέον επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, γεγονός που αποφέρει ηλιακά κέρδη στη Βόρεια πλευρά και στο κεντρικό τμήμα του κτιρίου. Για την αποφυγή θερμικών απωλειών το καλοκαίρι, προτείνεται η τοποθέτηση οριζόντιων στεγάστρων στις δύο νέες Νότιες επιφάνειες. Η απορροή των ομβρίων στα ανοικτά αίθρια προτείνεται, με τη συλλογή τους σε αποστραγγιστικούς σωλήνες κάτω από το έδαφος και στη συνέχεια με τη διοχέτευση τους σε υπόγειες απορροφητικές δεξαμενές .

Πιο συγκεκριμένα, για το κεντρικό τμήμα του κτιρίου, στη δεύτερη ζώνη της κάθε πλευράς προτείνεται η διάνοιξη ανοιγμάτων σταθερών και ανοιγόμενων για φυσικό αερισμό και φωτισμό. Επιπλέον προτείνεται η διάνοιξη όλων των φεγγιτών της πριονωτής στέγης για να επιτυγχάνεται φυσικός φωτισμός στον όροφο.

Από τη βιοκλιματική αξιολόγηση προέκυψε η απαίτηση για αλλαγή των επιστρώσεων, όπου αυτό είναι εφικτό, με υλικά που εκπέμπουν μικρότερα ποσά θερμότητας, εναρμονίζονται με το τοπίο και συνεισφέρουν στη βελτίωση της θερμικής και οπτικής άνεσης. Στους χώρους στάθμευσης τοποθετούνται διάτρητοι κυβόλιθοι με πλήρωση από πολύ χαμηλή φύτευση, ώστε να μειωθούν οι επιφάνειες των σκληρών υλικών και να ενισχυθεί η υδατοδιαπερατότητα. Η κεντρική διαδρομή και η πλατεία επιστρώνονται με χυτό βοτσαλωτό δάπεδο. Τα σκληρά υλικά των αιθρίων και της πρόσβασης στην πλατεία διαμορφώνονται με σχιστόπλακες από φυσική πέτρα και τα υπόλοιπα πεζοδρόμια με κυβόλιθους από φυσική ψυχρά υλικά. Επιλέχθηκαν υλικά από φυσικές πέτρες με μεγάλη θερμική αδράνεια, που σε συνδυασμό με τη βλάστηση, τις μεγάλες επιφάνειες σκίασης και το νερό, διατηρούν τις θερμοκρασίες χαμηλότερα σε σύγκριση με το σκυρόδεμα. Οι επιφάνειες από άσφαλτο



παραμένουν για λόγους λειτουργικότητας, αλλά σκιάζονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους. Τέλος οι διαδρομές μέσα από τις χαμηλές φυτεύσεις επιστρώνονται με πατημένο χώμα.

Για το δροσισμό των εξωτερικών διαδρομών εισάγεται το στοιχείο του νερού, με τη μορφή πίδακα από το έδαφος (σιντριβάνι στο ίδιο επίπεδο με το έδαφος), δημιουργώντας μία αίσθηση δροσισμού, ηρεμίας και αναζωογόνησης. Προτείνεται η τοποθέτηση μικρών μονών σιντριβανιών σε σειρά και για μεγάλα μήκη, ώστε να επιτυγχάνεται η αίσθηση δροσισμού σε μεγαλύτερη περιοχή, αλλά και για να σηματοδοτεί τις βασικές διαδρομές στο τοπίο. Πρόκειται για απλή κατασκευή που απαιτεί μία μικρή αντλία, μία δεξαμενή και τη διαμόρφωση του εδάφους ώστε τα νερά να συγκεντρώνονται στο σημείο από το οποίο εξήλθαν, για την εκ νέου κυκλοφορία τους. Η συγκεκριμένη μορφή επιλέχθηκε γιατί προσθέτει τα στοιχεία της κίνησης και του ήχου, αλλά και για να μπορεί να διακόπτεται η λειτουργία του κατά τους χειμερινούς μήνες, χωρίς να αλλάζει η σύνθεση του τοπίου. Τα σταγονίδια του νερού μεταφέρονται στο περιβάλλον ενισχύοντας τη αίσθηση του δροσισμού και μειώνοντας τη θερμοκρασία των επιφανειών που έρχονται σε επαφή. Για λόγους εξοικονόμησης νερού προτείνεται η επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού του δώματος του κτιρίου.

Η σύνθεση βασίστηκε στην εναρμόνιση αρχιτεκτονικής και βιοκλιματικού σχεδιασμού. Όπως προαναφέρθηκε κύριο εργαλείο της σύνθεσης αποτέλεσε η φύτευση, που με τις αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις, εισήχθη σε ολόκληρο τον περιβάλλοντα χώρο και στο εσωτερικό του κτιρίου.

### 3.7.2 Πρόταση φύτευσης

Η βλάστηση αποτέλεσε το κυριότερο εργαλείο της επέμβασης και διαχωρίστηκε σε ζώνες και τμήματα ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετεί. Γενική αρχή της πρότασης ήταν η προσπάθεια σκίασης του μεγαλύτερου τμήματος του εδάφους, ώστε να απορροφάται η ηλιακή ακτινοβολία από τα δέντρα. Οι σκιασμένοι χώροι διατηρούν χαμηλότερες θερμοκρασίες συνεισφέροντας στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης (Antoniadis et al., 2016). Επιπλέον προτείνεται η αύξηση της επιφάνειας των χώρων φύτευσης, έναντι των σκληρών υλικών που αποθηκεύουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας και την εκπέμπουν μέσω της ακτινοβολίας (Χατζηδημητρίου, 2012).

Ο ανεμοφράκτης στη Βόρεια πλευρά σχεδιάστηκε με σκοπό να προστατεύσει το κέλυφος από τους Βορειοανατολικούς ανέμους, αλλά ταυτόχρονα να αφήσει περάσματα προς τις τρεις Βόρειες εισόδους για την επίτευξη του φυσικού αερισμού. Η περιοχή στο Βόρειο κομμάτι του γηπέδου, αποτελείται στο μεγαλύτερο τμήμα της από ελεύθερο χώρο (5.800 τ.μ.), ενώ τα υπόλοιπα 2.500 τ.μ. περιλαμβάνουν βοηθητικά κτίρια και χώρους εκπαιδευτικής

διαδικασίας που αποτελούν περιοχή μη επέμβασης. Ο ελεύθερος χώρος φιλοξενεί δύο μεταλλικούς πύργους της ΔΕΗ (υψηλής τάσης) , με τα καλώδια να διατρέχουν όλο το χώρο, αλλά σε μεγάλο ύψος από το έδαφος (>10 μέτρα). Η αντιμετώπιση του σχεδιασμού έγινε με γνώμονα την προστασία των εγκαταστάσεων της ΔΕΗ, από τη βλάστηση που προτείνεται. Η υψομετρική διαφορά του οικοπέδου και η παρουσία των βοηθητικών κτιρίων σε συνδυασμό με την κατάλληλη φύτευση βοηθά στο να οδηγηθούν οι ψυχροί άνεμοι ψηλότερα από το κτίριο της μελέτης. Η πρόταση φύτευσης περιλαμβάνει δεντροστοιχίες και σχηματισμούς με θάμνους με ποικιλία υψών και πλάτους κόμης, ώστε να δημιουργηθεί ένα ισχυρό φράγμα στους ψυχρούς ανέμους. Στα όρια του οικοπέδου προτείνεται η φύτευση αιθαλών θάμνων (θα1 και θα2). Για την κατηγορία θα1 προτείνεται το βιβούρνο, ενώ για τη θα2, ο δαφνοκέρασος και ο πυράκανθος. Πλησιάζοντας προς το κτίριο συστήνεται φύτευση αιθαλών δέντρων ποικίλου μεγέθους και ύψους. Για την κατηγορία δα1 προτείνεται το κυπαρίσσι, ενώ για την δα3 η μαύρη πεύκη. Κάτω από τα καλώδια της ΔΕΗ συστήνεται η φύτευση μετρίου μεγέθους αιθαλών θάμνων (θα2), που δεν ξεπερνούν τα 6 μέτρα, ώστε να μην επηρεάσουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών καλωδίων. Σε κοντινή απόσταση με το κτίριο βρίσκονται οι θέσεις στάθμευσης, των οποίων η φύτευση πρόκειται να λειτουργήσει ως τελευταίο φράγμα για τον άνεμο. Σε αυτή την περιοχή προτείνεται η συνέχεια της βλάστησης του Βόρειου τμήματος του οικοπέδου με την ίδια πρόταση για τις κατηγορίες δα1 και δα3 και με την προσθήκη φυλλοβόλων δέντρων, που ενδείκνυνται για τη σκίαση των οχημάτων, όπως είναι η σοφόρα η ιαπωνική, κατηγορία δφ2. Στο κεκλιμένο επίπεδο, βορειοδυτικά του κτιρίου, προτείνεται η κατηγορία θα2 με φύτευση μίας σειράς πυράκανθου, ώστε να προσδίδεται χρωματική ποικιλία κατά τους χειμερινούς μήνες στη Βόρεια πλευρά.

Στο υπόλοιπο κεκλιμένο επίπεδο προτείνεται φύτευση φυτικών ειδών χαμηλής ανάπτυξης, ώστε να μην εμποδίζεται ο φωτισμός του ισογείου που βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο. Το κεκλιμένο επίπεδο σκιάζεται από το κτίριο αρκετές ώρες μέσα στο χειμώνα, επομένως τα φυτικά είδη πρέπει να αναπτύσσονται σε σκιερές και ημισκιερές θέσεις. Προτιμήθηκαν είδη που δημιουργούν χρωματικές συνθέσεις, ώστε να βελτιωθεί η αισθητική του τοπίου και η θέαση της Βόρειας πλευράς του κτιρίου. Οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επιλογή από ποώδη φυτικά είδη και θάμνους, όπως η τραντεσκάντια και το ευώνυμο, τα οποία θα καλύψουν και τον τοίχο αντιστήριξης.

Στη δυτική πλευρά του γηπέδου η πρώτη σειρά δίπλα από το κτήριο φυτεύεται με δαφνοκέρασος (θα2), για την προστασία από τους Δυτικούς ανέμους τον Ιανουάριο. Για το χώρο στάθμευσης και την κατηγορία δα3, προτείνεται η μανόλια.

Για την κατηγορία δφ3, δφ2 και δφ1, σε όλους τους χώρους στάθμευσης του γηπέδου, προτείνονται η ιπποκαστανιά, η σοφόρα η ιαπωνική και η καλλωπιστική δαμασκηνιά αντίστοιχα.

Στην ανατολική πλευρά κατά μήκος του φράκτη προτείνεται η φωτίνια (θα2), για την προστασία από τους Βορειοανατολικούς ανέμους το χειμώνα και για σκίασή των υλικών εδαφοκάλυψης το καλοκαίρι.

Στη νότια πλευρά παράλληλα με το κτίριο απαιτείται φύτευση με μεγάλα φυλλοβόλα δέντρα ύψους μέχρι και 20-25 μέτρα. Σε όλο το μήκος της νότιας πλευράς προτείνεται η φύτευση σφενδάμου (δφ3). Το είδος *Acer pseudoplatanus* σε όλο το μήκος της πλευράς και το είδος *Acer platanoides* για τα δύο δέντρα της κεντρικής εισόδου. Η επιλογή των συγκεκριμένων ειδών οφείλεται στους ταχείς ρυθμούς ανάπτυξής τους, καθώς και στο μέγεθος της κόμης που αναπτύσσουν προσφέροντας σκιά στο κτίριο. Για τη δεύτερη σειρά (δφ1) προτείνεται η καλλωπιστική δαμασκηνιά δημιουργώντας χρωματική αντίθεση με το ανοιχτό πράσινο του σφενδάμου.

Η διαδρομή από την είσοδο του οικοπέδου προς την κεντρική είσοδο του κτιρίου, ορίζεται στη νότια πλευρά από μία δεντροστοιχία από μανόλιες (δα3), οι οποίες επαναλαμβάνονται στην είσοδο της κεντρικής πλατείας και σηματοδοτούν τη σύνδεση μεταξύ τους. Η παρουσία αιθάλων δέντρων είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του πράσινου χρώματος κατά τους χειμερινούς μήνες. Η είσοδος στην κεντρική πλατεία οριοθετείται από δύο δεντροστοιχίες, μία με καλλωπιστικές κερασιές (δφ1) και μία με πλατανόφυλλες μουριές (δφ3), οι τελευταίες πλαισιώνουν την περιοχή της πλατείας και σκιάζουν τους χώρους στάσης.

Οι περιοχές χαμηλής φύτευσης (<1 m) καλύπτονται με αγρωστώδη φυτά, όπως είναι η φεστούκα και η στίπα, καθώς και με χαμηλούς θάμνους στις ημισκιερές θέσεις, όπως είναι η βερβερίδα. Τη φυτική σύνθεση της πλατείας συμπληρώνουν τα αρωματικά φυτά, όπως είναι η λεβάντα, το έρπον δεντρολίβανο και το θυμάρι.

Στην περιοχή των αιθρίων προτείνεται η χαμηλή φύτευση του κεκλιμένου επιπέδου της Βόρειας πλευρά και στις ηλιαζόμενες περιοχές τα αρωματικά φυτά και τα αγρωστώδη.

Τέλος στη ζώνη για την προστασία από το θόρυβο προτείνεται η φύτευση αιθαλών φυτικών ειδών, θάμνων και δέντρων, για τη δημιουργία πυκνής βλάστησης, ώστε ο ήχος να απορροφάται από το φύλλωμα των δέντρων, σε όλη τη διάρκεια του έτους. Στα όρια του οικοπέδου συστήνεται η φύτευση λιγούστρων (θα1), δημιουργώντας συμπαγή φράκτη, ο οποίος επαναλαμβάνεται και επάνω από το εσωτερικό δρόμο. Για την κατηγορία θα2 προτείνεται ο καλλιστήμων, ο οποίος φτάνει μέχρι τα 6 μέτρα και χαρίζει χρωματική ποικιλία, λόγω του χαρακτηριστικού κόκκινου χρώματος των στημών του. Τη φυτική

σύνθεση συμπληρώνουν τα αειθαλή δέντρα, δα2 και δα3, για τα οποία προτείνεται η αριζόνια. και η μανόλια αντίστοιχα.

### 3.7.3 Φυτικά είδη

#### Κατηγορία θα1

##### Βιβούρνο (*Viburnum tinus*, οικ. Scrophulariaceae)

Προτείνεται στην περιοχή του ανεμοφράκτη και συστήνεται γιατί αναπτύσσεται σε ηλιόλουστα έως σκιερά μέρη (πρόκειται να φυτευτούν Βόρεια των υψηλότερων θάμνων και δέντρων), ενδείκνυται για τη δημιουργία φυτό φρακτών για προστασία από τον άνεμο, καθώς επίσης έχει πυκνή βλάστηση και αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αναπτύσσεται γρήγορα σχεδόν σε όλα τα εδάφη, απαιτεί κανονική άρδευση και είναι ιθαγενής αειθαλής θάμνος της Μεσογείου. Τα φύλλα του είναι πράσινα, το σχήμα του κυλινδρικό και τα άνθη του λευκά. Η περίοδος ανθοφορίας του διαρκεί 100-120 ημέρες, από τον Ιανουάριο μέχρι τον Απρίλιο. (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008; RHS, 2019).

##### Λιγούστρο (*Ligustrum japonicum*, οικ. Oleaceae)

Είναι αειθαλές φυτό ταχείας ανάπτυξης (30-60 εκ. το χρόνο) και προτιμά τα βαθιά και πλούσια εδάφη με τακτική άρδευση. η προέλευσή του είναι από την Ιαπωνία αλλά καλλιεργείται ευρέως και στην Ελλάδα. Παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και προτιμά τις ηλιόλουστες και ημισκιερές θέσεις (Πατλής, 2008). Ανήκει στην κατηγορία των θάμνων, αλλά μπορεί να φτάσει τα 6 μέτρα και να φυτευτεί σε δεντροστοιχίες. Τα φύλλα του είναι μεγάλα και σχηματίζουν πυκνή βλάστηση γεγονός που το κάνει κατάλληλο για φυτό φράκτες. Προτείνεται στη ζώνη προστασίας από τους θορύβους, γιατί η πυκνή του βλάστηση μπορεί να απορροφήσει τον ήχο.

#### Κατηγορία θα2

##### Δαφνοκέρασος (*Prunus laurocerasus*, οικ. Rosaceae)

Ο δαφνοκέρασος φτάνει έως τα 6 μέτρα και αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη, με προτίμηση στα ελαφρά πλούσια και καλά αρδευόμενα και έχει ταχύ ρυθμό ανάπτυξης. Συστήνεται για τη δημιουργία ανεμοφράκτη και είναι ανθεκτικό σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (έως -20 °C). Το σχήμα του παίρνει τη μορφή ανεστραμμένου κώνου, τα φύλλα του είναι βαθυπράσινα και τα άνθη του ωχροκίτρινα, που αναδύουν έντονο άρωμα. Η

περίοδος ανθοφορίας του διαρκεί 20-25 ημέρες κατά τους μήνες Απρίλιο και Μάιο (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008).

Πυράκανθος (*Pyracantha coccinera*, οικ. Rosaceae).

Ο πυράκανθος φύτεται στη Νότια Ευρώπη, παίρνει ακανόνιστο σχήμα και φέρει κόκκινους καρπούς και πολλά αγκάθια. Το σχήμα του και η πλούσια βλάστηση μπορούν να δημιουργήσουν ένα συμπαγές τοίχος προστασίας από τον άνεμο, μέχρι και 4 μέτρα από το έδαφος, με ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης (Gildemeister, 2004). Οι καρποί του γίνονται κόκκινοι κατά τους μήνες Αύγουστο-Σεπτέμβριο και παραμένουν στο φυτό καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα, προσδίδοντας ποικιλία στη χρωματική σύνθεση της αειθαλούς βλάστησης και αποτελώντας περιζήτητη τροφή για τα πουλιά. Ευδοκίμει σε όλα τα εδάφη και παρουσιάζει αντοχή στο ψύχος (έως -15 °C). Το πλάτος κόμης του φτάνει μέχρι τα 3 μέτρα και χρησιμοποιείται για την κάλυψη των τοίχων αντιστήριξης (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008).

Φωτίνια (*Photinia glabra*, οικ. Rosaceae)

Είναι αειθαλής θάμνος με μέτριο ρυθμό ανάπτυξης. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι το κόκκινο χρώμα των φύλλων του, σε νεαρή ηλικία. Μπορεί να φτάσει τα 5 μέτρα σε ύψος και πλάτος τα 4 μέτρα. Απαιτεί ηλιαζόμενα θέσεις με ελαφριά και αποστραγγιζόμενα εδάφη (Πατλής, 2008). Επιλέχθηκε για την πυκνή βλάστηση που αναπτύσσει και τη συμβολή του στην χρωματική σύνθεση με τα κόκκινα φύλλα του, καθώς και για την αντοχή του στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η διατήρηση της εικόνας των κόκκινων φύλλων απαιτεί συχνό κλάδεμα.

Κατηγορία δα1

Κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*, οικ. Cupressaceae)

Το κυπαρίσσι είναι ιθαγενές είδος και φύτεται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας. Το ύψος του φτάνει τα 25 μέτρα και το πλάτος του τα 5-6 μέτρα (Πατλής, 2008). Ο ρυθμός ανάπτυξής του είναι ταχύς σε νεαρή ηλικία, αλλά επιβραδύνεται σημαντικά σε μεγάλη ηλικία. Αναπτύσσεται σε όλα σχεδόν τα εδάφη και το ριζικό του σύστημα φτάνει σε μεγάλα βάθη. Τα φύλλα του είναι βελόνες με σκούρο πράσινο χρώμα. Έχει μεγάλη αντοχή στους ανέμους και στις πολύ χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες. Η πυκνή του βλάστηση σχηματίζει ισχυρό και ψηλό ανεμοφράκτη, όταν φυτεύεται σε συστάδες. Το σχήμα του και το ύψος του



προσδίδουν γεωμετρία στο χώρο και δημιουργεί επιβλητικά τοπία (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008).

#### Κατηγορία δα2

##### Αριζόνικα (*Cupressus arizonica*, οικ. Cupressaceae)

Η αριζόνικα είναι ιθαγενές είδος της Βόρεια Αμερικής, κυρίως στις νότιες περιοχές και ιδιαίτερα στην πολιτεία της Αριζόνα. Το ύψος της φτάνει τα 12-25 μέτρα και το πλάτος της τα 5 μέτρα. Σχηματίζει επίσης πυκνή βλάστηση και έχει τις ίδιες απαιτήσεις σε εδάφη με το κυπαρίσσι.

#### Κατηγορία δα3

##### Μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*, οικ. Pinaceae)

Είναι αιθάλες ιθαγενές δέντρο και απαντάται σε δάση σε όλη την Ελλάδα, ανάμεσα τους και αυτά της Θεσσαλίας. Φτάνει τα 20-40 μέτρα ύψος και πλάτος τα 15 μέτρα. Αναπτύσσεται σε σχεδόν σε όλα τα εδάφη σε ηλιαζόμενες ημισκιερές και σκιερές θέσεις. Τα φύλλα του είναι βελόνες και το σχήμα της κόμης του είναι ανοικτό πυραμιδοειδές. Παρουσιάζει μεγάλες αντοχές στις χαμηλές θερμοκρασίες (έως -30 °C) και στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Συστήνεται για ανεμοφράκτες.

##### Μανόλια Μεγανθής (*Magnolia grand flora*, οικ. Manoliaceae)

Είναι αειθαλές δέντρο που φτάνει μέχρι και τα 20 μέτρα ύψος και πλάτος τα 12-14 μέτρα. Προέρχεται από την κεντρική Αμερική και τη νοτιοανατολική Ασία και προτιμά τα πλούσια, πορώδη και μετρίως υγρά εδάφη, ενώ αναπτύσσεται σχετικά αργά, σε ηλιαζόμενες και ημισκιερές θέσεις, με μικρές αντοχές στο ψύχος (έως -12 °C). Κύριο χαρακτηριστικό του είναι τα μεγάλα λευκά άνθη του, που αναδύουν άρωμα, ενώ τα φύλλα του είναι πράσινα και γυαλιστερά στην άνω επιφάνεια (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008). Επιλέχθηκε για την επιβλητική του εμφάνιση, την πυκνή σκιά που προσφέρει και το μεγάλο ύψος που φτάνει σε μεγάλη ηλικία και για τη σύνδεση με την ευρύτερη περιοχή μελέτης, καθώς συναντάται σε δεντροστοιχίες στους δρόμους του Βόλου.

## Κατηγορία δφ1

Καλλωπιστική δαμασκηιά (*Prunus cerasifera 'Pissardii'*, οικ. Rosaceae)

Φυλλοβόλο δέντρο με χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα στα φύλλα του. Προέρχεται από την Ασία και φτάνει μέχρι τα 8 μέτρα ύψος, με πλάτος 6 μέτρα. Αναπτύσσεται σε όλα σχεδόν τα εδάφη και αντέχει στην ξηρασία, τις χαμηλές θερμοκρασίες και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Σε καλά ηλιαζόμενες θέσεις τα φύλλα του αποκτούν έντονο κόκκινο χρώμα. Η ανάπτυξή του είναι αργή και ανθίζει κατά τους μήνες Μάρτιο - Απρίλιο, με άνθη σε ροζ αποχρώσεις. Ο καρπός του είναι επίσης κόκκινος και βρώσιμος (Πατλής, 2008). Επιλέχθηκε για την αντίθεση που κάνει με τα πράσινα φύλλα του σφενδάμου, καθώς και γιατί απαντάται σε δεντροστοιχίες στην πόλη του Βόλου.

Καλλωπιστική κερασιά (*Prunus serrulata Kanzan*, οικ. Rosaceae)

Είναι φυλλοβόλο δέντρο με παρόμοιες απαιτήσεις και αντοχές με την καλλωπιστική δαμασκηιά και φτάνει στα 8 μέτρα ύψος με πλάτος επίσης 8 μέτρα. Αποτελεί ένα από τα πιο εντυπωσιακά ανθοφόρα δέντρα, με διπλά άνθη σε αποχρώσεις του ροζ. Αναπτύσσεται σε σχήμα ανεστραμμένου κώνου και όταν φυτεύεται σε δεντροστοιχίες, δημιουργεί εντυπωσιακές διαδρομές. Η περίοδος ανθοφορίας του είναι την άνοιξη και τα φύλλα του πράσινα μέχρι το φθινόπωρο, όπου και κοκκινίζουν (Πατλής, 2008). Επιλέχθηκε για να τονίσει διαδρομές και για τη βελτίωση του αισθητικού τοπίου.

## Κατηγορία δφ2

Σοφόρα η ιαπωνική (*Sophora japonica*, οικ. Leguminosae)

Φυλλοβόλο δέντρο με καταγωγή από την Κίνα και την Κορέα. Φτάνει τα 15-20 μέτρα ύψος και 10-12 μέτρα σε πλάτος. Σχηματίζει σφαιρική κόμη με πράσινα φύλλα και λευκοκίτρινα άνθη. Αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό, σε όλα σχεδόν τα εδάφη, με προτίμηση στα ελαφριά, βαθιά και καλά αποστραγγιζόμενα. Παρουσιάζει μεγάλες αντοχές στο ψύχος (έως -30 °C) και στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008). Επιλέχθηκε για τις θέσεις στάθμευσης γιατί σύμφωνα με μετρήσεις, υπό τη σκιά τους παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασία στην επιφάνεια των αυτοκινήτων κατά 43,7% και της θερμοκρασία του αέρα 8,6% (Τζώρτζη, 2000).

### Κατηγορία δφ3

#### Ιπποκαστανιά (*Aesculus hippocastanum*, οικ. Hippocastanaceae)

Αυτοφυές φυλλοβόλο δέντρο των ορεινών περιοχών της Θεσσαλίας και γενικότερα της Βαλκανικής χερσονήσου. Φτάνει σε ιδιαίτερα μεγάλο ύψος μέχρι τα 25-30 μέτρα και πλάτος έως 18-20 μέτρα πλάτος. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα επιβλητικό δέντρο, λόγω του μεγέθους του και της πυκνής του βλάστησης. Τα φύλλα του είναι μεγάλα, με διαβάθμιση στο χρώμα τους, από ανοιχτοπράσινο σε νεαρή ηλικία, σε πιο σκούρο πράσινο σε πλήρη ανάπτυξη. Αναπτύσσεται σε πλούσια, υγρά και ηλιαζόμενα εδάφη και το ριζικό του σύστημα απαιτεί μεγάλα βάθη. Παρουσιάζει μεγάλες αντοχές στις χαμηλές θερμοκρασίες (έως -30 °C) και στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, 2008). Σε μετρήσεις που έγιναν κάτω από τη σκιά του, η θερμοκρασία αέρα παρουσίασε μείωση κατά 15,4%, ενώ η θερμοκρασία στην επιφάνεια των αυτοκινήτων μειώθηκε κατά 45,8%. Επιλέχθηκε για λόγους εντοπιότητας και για τα θερμικά κέρδη που προσφέρει η σκιά του.

#### Σφένδαμος πλατανοειδής (*Acer platanoides*, οικ. Aceraceae)

Μεγάλο ιθαγενές φυλλοβόλο δέντρο με ύψος που φτάνει τα 20 μέτρα και πλάτος τα 16 μέτρα. Είναι ταχείας ανάπτυξης και το φύλλωμα του είναι πυκνό σχηματίζοντας σφαιρική κόμη. Τα φύλλα του έχουν ανοικτό πράσινο χρώμα και το χειμώνα γίνονται κίτρινα και πορτοκαλί, δημιουργώντας εντυπωσιακές χρωματικές συνθέσεις. Αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη με προτίμηση στα υγρά και πηλώδη. Παρουσιάζει μεγάλες αντοχές στις χαμηλές θερμοκρασίες, στον άνεμο και στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Επιλέχθηκε για το μέγεθός του (ύψος και πλάτος), τον ταχύ ρυθμό ανάπτυξης και για την πυκνή σκιά που προσφέρει (Πατλής, 2008).

#### Σφένδαμος ψευδοπλάτανος (*Acer pseudoplatanus*, οικ. Aceraceae)

Εξίσου μεγάλο ιθαγενές φυλλοβόλο δέντρο με ύψος που φτάνει μέχρι και τα 25 μέτρα και πλάτος τα 12 μέτρα. Έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τον πλατανοειδή σφένδαμο, αλλά παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες αντοχές στις ψυχρές θερμοκρασίες και τον άνεμο. Επιλέχθηκε για τους ίδιους λόγους.

#### Μουριά πλατανόφυλλη άκαρπη (*Morus plataniifolia*, οικ. Moraceae)

Φυλλοβόλο δέντρο με καταγωγή από υποτροπικές περιοχές. Φτάνει σε ύψος τα 15 μέτρα και σε πλάτος τα 12 μέτρα. Αναπτύσσεται σε γόνιμα και σχετικά ξηρά εδάφη και είναι

κατάλληλο για παραθαλάσσιες περιοχές. Τα φύλλα του είναι πράσινα, γυαλιστερά στην άνω επιφάνεια και σχηματίζουν ημισφαιρική κόμη. Δημιουργεί πυκνή και μεγάλης έκτασης σκιά και παρουσιάζει αντοχή στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Επιλέχθηκε για να σκιάσει τους χώρους στάσης της πλατείας.

#### Χαμηλή φύτευση

##### Αγρωστώδη

Τα αγρωστώδη προτιμώνται στις μεγάλες επιφάνειες γιατί προσδίδουν έντονη αρχιτεκτονική μορφή. Επιπλέον δίνουν κίνηση και ήχο στο χώρο με τον αέρα. Η χρωματική σύνθεση που δημιουργούν εναλλάσσεται ανάλογα με την εποχή.

##### Φεστούκα γλαυκή (*Festuka glauca*, οικ. Poaceae)

Πολυετής πόα που αναπτύσσεται σε μέτρια υγρά και μέτρια γόνιμα εδάφη σε ηλιαζόμενες θέσεις. έχει αειθαλές γλαύκο φύλλωμα και φυτεύεται σε ομάδες και συνθέσεις. Φτάνει τα 0,3 μέτρα σε ύψος και πλάτος (Πατλής, 2008).

##### Στίπα (*Stipa*, οικ Poaceae)

Φυλλοβόλο φυτό με λεπτές κόκκινες, χρυσοκίτρινες και κιτρινοκόκκινες ταξιανθίες, ανάλογα με το είδος. Φυτεύεται σε ομάδες και φτάνει μέχρι τα 0,7 μέτρα σε ύψος και πλάτος. Το χειμώνα αφαιρείται το υπέργειο τμήμα του, επομένως προτιμάται η μικρής έκτασης φύτευσή του για τη διατήρηση της φυτικής αρμονίας όλο το χρόνο. Προτιμά εδάφη μέτρια υγρά και ηλιόλουστες θέσεις (Πατλής, 2008).

##### Ευώνυμο (*Euonymus fortunei*, οικ. Celastraceae)

Αειθαλής χαμηλός θάμνος, που αναπτύσσεται σε ηλιόλουστες και ημισκιερές θέσεις. Φτάνει μέχρι το 1 μέτρο και έχει κίτρινα φύλλα που γίνονται πράσινα προς το κέντρο τους. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες και προτιμά τα γόνιμα εδάφη (Πατλής, 2008).

##### Τραντεσκάντια (*Tradescandia pallida* και *Tradescandia zebrina* , οικ. Commelineaceae)

Αειθαλές χαμηλό φυτό με αποχρώσεις μωβ και πράσινο, μωβ και γκρι στα φύλλα, ανάλογα με το είδος. Το άνθος του είναι ροζ και η περίοδος ανθοφορίας το καλοκαίρι. Παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στις εναλλαγές των καιρικών συνθηκών και προτιμά ημισκιερές και ηλιαζόμενες θέσεις και γόνιμα εδάφη (Πατλής, 2008). Ο συνδυασμός των δύο ειδών χαρίζει πλούσιες χρωματικές συνθέσεις.

## Αρωματικά φυτά

### Λεβάντα (*Levandula vera*, οικ. Lamiaceae (Labiatae))

Αειθαλές φυτό με ύψος 0,5-1 μέτρο και πλάτος 0,5-0,8 μέτρα. Αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη και σε ηλιαζόμενες θέσεις. Παρουσιάζει αντοχή στην ξηρασία και ευπάθεια στο ψύχος. Το σχήμα της κόμης του είναι σφαιρικό ανοικτό και αναδύει έντονο άρωμα που έλκει τις μέλισσες.

### Δεντρολίβανο έρπον (*Rosmarinus officinalis "postratus"*, οικ. Lamiaceae (Labiatae))

Αειθαλές φυτό που αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη και παρουσιάζει αντοχή στην ξηρασία και το ψύχος Έχει χαρακτηριστικό άρωμα και φτάνει το 1 μέτρο σε ύψος και 1 μέτρο σε πλάτος. Διαμορφώνει σφαιρικό πεπλατυσμένο σχήμα με την κόμη του.

### Θυμάρι (*Thymus* , οικ. Lamiaceae (Labiatae))

Χαμηλός έως πολύ χαμηλός θάμνος που αναπτύσσεται σε ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη και σε ηλιαζόμενες θέσεις. Τα άνθη του είναι μωβ ή ροζ ανάλογα με το είδος και την ποικιλία. Αναδύει άρωμα και έλκει τις μέλισσες.

### 3.8 Ολοκληρωμένη διαχείριση νερού

Η πρόταση επέμβασης δημιούργησε νέες απαιτήσεις σε νερό για την κάλυψη των αναγκών του δροσισμού και της άρδευσης. Η διατήρηση των φυσικών πόρων περιλαμβάνει στρατηγικές για την εξοικονόμηση νερού.

Η εξοικονόμηση/επαναχρησιμοποίηση του νερού συμβάλλει με δυο τρόπους στη διατήρηση των φυσικών πόρων:

(α) Εξοικονόμηση πόρων (κυρίως ενέργειας) που απαιτούνται για την παραγωγή και μεταφορά του νερού.

(β) Αποτροπή της ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα από την διάθεση του νερού μετά την χρήση του.

Σημαντική μείωση της κατανάλωσης νερού παρατηρείται όταν το νερό που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις υγιεινής (black water) υφίσταται καθαρισμό και, είτε αποδίδεται καθαρό στο περιβάλλον, είτε επαναχρησιμοποιείται σε άλλες χρήσεις π.χ. άρδευση. Συνεπώς είναι ζωτικής σημασίας η εξοικονόμηση του νερού που χρησιμοποιείται σε κτίρια εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, δεδομένου ότι στα συγκεκριμένα κτίρια σχεδόν το σύνολο του νερού χρησιμοποιείται στους χώρους υγιεινής. Υπάρχουν ποικίλοι τρόποι μείωσης της κατανάλωσης του νερού που χρησιμοποιείται στα κτίρια. Για την παρούσα πρόταση επέμβασης εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις εξοικονόμησης του νερού:

α. Συλλογή, επεξεργασία και διάθεση των νερών της βροχής για την λειτουργία των εγκαταστάσεων δροσισμού (σιντριβάνια διαδρομών)

β. Ο καθαρισμός και η ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις υγιεινής ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί για την άρδευση του πρασίνου.

### 3.9 Διαχείριση των όμβριων υδάτων

#### 3.9.1 Εκτίμηση της ποσότητας του νερού για δροσισμό

Η επιφάνεια των εγκαταστάσεων δροσισμού (ελεύθερη επιφάνεια νερού) είναι συνολικά 300 τ.μ.. Θεωρώντας ότι το σύνολο της προσπίπτουσας (στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού) ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το νερό και μετατρέπεται σε υδρατμό, η συνολική εξάτμιση σε ετήσια βάση θα είναι :

$$300 \text{ m}^2 \times 1572,40 \text{ kWh/m}^2 \times 860 \text{ kcal/kWh} / 590 \text{ kcal/kg} = 687.591,9 \text{ kg/έτος} = 688 \text{ m}^3/\text{έτος}.$$

Στον παραπάνω υπολογισμό λαμβάνονται υπ' όψη τα ακόλουθα:

Ετήσια ακτινοβολία : 1572,40 kWh/m<sup>2</sup> (TOTEE, 20701-3/2010)

Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού : 590 kcal/kg.

Για την διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων συλλογής και επεξεργασίας των ομβρίων απαιτείται η γνώση της απαιτούμενης ποσότητας του νερού της βροχής κατά την διάρκεια της περιόδου μέγιστης εξάτμισης και ελάχιστης βροχόπτωσης.

Από τα δεδομένα της μηνιαίας βροχόπτωσης και της μηνιαίας ηλιακής ακτινοβολίας προκύπτει ότι ο δυσμενέστερος μήνας είναι ο Ιούλιος (TOTE, 20701-3/2010).

Τον Ιούλιο το ύψος βροχής είναι 23 mm και η ηλιακή ακτινοβολία 217,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Με την παραδοχή ότι το νερό της βροχής κατά τον μήνα Ιούλιο συλλέγεται σε ποσοστό 60% η συνολική ποσότητα που συλλέγεται από την επιφάνεια του δώματος του βασικού κτιρίου είναι

$$60\% \times 7.000\text{m}^2 \times (23/1.000) = 96,6 \text{ m}^3$$

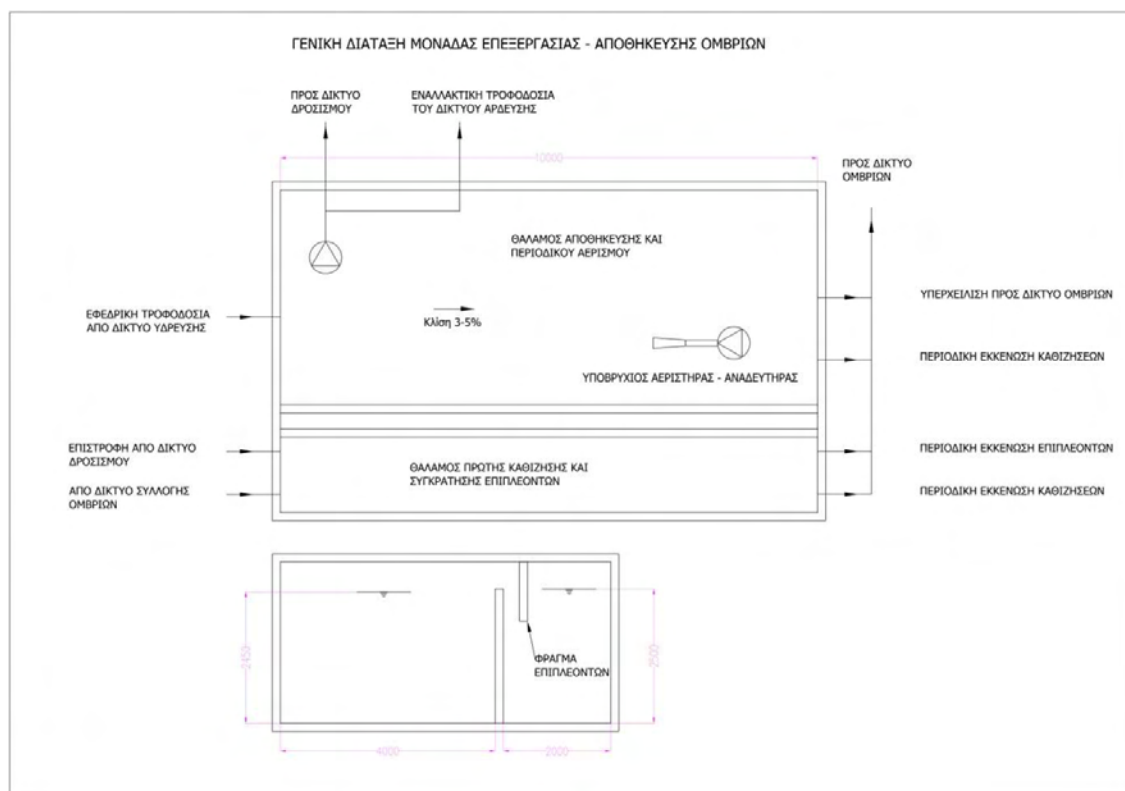
Η εξάτμιση λόγω ηλιακής ακτινοβολίας από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού των εγκαταστάσεων δροσισμού είναι

$$300 \text{ m}^2 \times 217,4 \text{ kWh/m}^2 \times 860 \text{ kcal/kWh} / 590 \text{ kcal/kg} = 95,07 \text{ m}^3$$

Από την ανωτέρω προσέγγιση φαίνεται ότι ακόμα και κατά τον δυσμενέστερο μήνα τα όμβρια μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες δροσισμού

### 3.9.2 Επεξεργασία των ομβρίων για χρήση στο σύστημα δροσισμού

Για την εξυπηρέτηση των αναγκών του δροσισμού θα συλλέγονται τα όμβρια από το δώμα του βασικού κτιρίου επιφάνειας 7.000 m<sup>2</sup>. Η συλλογή των ομβρίων από το δώμα του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα την συλλογή σχετικά καθαρών ομβρίων, διαχωρισμό των στερεών (πχ φύλλα) από τις σχάρες του δώματος και γενικά χωρίς τους ρύπους που εμφανίζονται στα όμβρια της οδοποιίας. Με την συλλογή σχετικά καθαρών ομβρίων δεν είναι απαραίτητες οι δαπανηρές και σχετικά πολύπλοκες εγκαταστάσεις επεξεργασίας των ομβρίων για χρήση στο δίκτυο δροσισμού. Η επεξεργασία των ομβρίων περιλαμβάνει δεξαμενή πρώτης καθίζησης όγκου 50 m<sup>3</sup> με φράγμα επιπλεόντων, και δεξαμενή αποθήκευσης και δεύτερης καθίζησης. Δεδομένου ότι ανάλογα με την εποχή μπορεί να εμφανιστούν και οργανικοί ρύποι (πχ φύλλα) μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετείται υποβρύχιος αεριστήρας/αναδευτήρας ο οποίος λειτουργεί, όταν υπάρχει ανάγκη, κατά τις ώρες κατά τις οποίες δεν λειτουργεί το σύστημα δροσισμού. Ακολουθεί το διάγραμμα ροής του συστήματος διαχείρισης των ομβρίων.





### 3.10 Διαχείριση υγρών αποβλήτων

#### 3.10.1 Εκτίμηση της ποσότητας των υγρών αποβλήτων του κτιρίου

Αναζητήθηκαν οι καταναλώσεις νερού από το Τμήμα Οικονομικής Διαχείρισης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, αλλά διαπιστώθηκε ότι συμπεριλαμβάνονται τα κυβικά νερού για άρδευση. Επομένως η κατανάλωση νερού υπολογίσθηκε σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Πανεπιστημιακού Ιδρύματος το σύνολο των ατόμων που χρησιμοποιούν το κτίριο είναι 1420.

Διδακτικό και διοικητικό προσωπικό πλήρους απασχόλησης : 80 άτομα

Ενεργοί φοιτητές των δύο τμημάτων : 1340 άτομα

Η κατανάλωση νερού για το προσωπικό πλήρους απασχόλησης είναι 20 – 50 λίτρα ανά άτομο και ημέρα και η κατανάλωση νερού για τους φοιτητές είναι 5 – 10 λίτρα/φοιτητή και ημέρα (Σιδηρόπουλος, n.d.). Η ετήσια κατανάλωση νερού έγινε σύμφωνα με τις παρακάτω παραδοχές:

Για τους φοιτητές:

Διακοπές : 2 (καλοκαίρι) + 1 (Χριστούγεννα – Πάσχα) = 3 μήνες = 13 εβδομάδες

Εξεταστικές : 3 εξεταστικές = 3 μήνες = 13 εβδομάδες με παρουσία 5 ημερών ανά εβδομάδα =  $13 \times 5 = 65$  ημέρες ανά έτος

Παρακολούθηση μαθημάτων – εργαστηρίων : 6 μήνες ανά έτος = 26 εβδομάδες με παρουσία 3 ημερών ανά εβδομάδα =  $26 \times 3 = 78$  ημέρες ανά έτος

Η συνολική ετήσια παρουσία των φοιτητών είναι  $65 + 78 = 143$  ημέρες ανά έτος

Το προσωπικό εργάζεται 48 εβδομάδες πέντε ημερών ανά έτος.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω η ετήσια κατανάλωση νερού από το προσωπικό είναι:

$48 \text{ εβδομάδες} \times 5 \text{ ημέρες ανά εβδομάδα} \times 80 \text{ άτομα} \times (20 \text{ έως } 50 \text{ λίτρα / άτομο – ημέρα}) = 384.000 \text{ έως } 960.000 \text{ λίτρα ανά έτος} = 384 \text{ έως } 960 \text{ μ}^3/\text{έτος}$

Η ετήσια κατανάλωση νερού από τους φοιτητές είναι :

$143 \text{ ημέρες ανά έτος} \times 1340 \text{ άτομα} \times (5 \text{ έως } 10 \text{ λίτρα / άτομο – ημέρα}) = 948.100 \text{ έως } 1.916.200 \text{ λίτρα ανά έτος} = 948,1 \text{ έως } 1.916,2 \text{ μ}^3/\text{έτος}$

Συνεπώς η ετήσια κατανάλωση νερού για χρήση στις εγκαταστάσεις υγιεινής του κτιρίου ανέρχεται σε  $384 + 948,1 = 1.332,1$  έως  $960 + 1916,2 = 2.786,2 \text{ μ}^3$  ανά έτος. Η διακύμανση της κατανάλωσης νερού μπορεί να θεωρηθεί 1.350 έως 2.800  $\text{μ}^3$  / έτος.

Οι εγκαταστάσεις καθαρισμού του νερού διαστασιολογούνται με βάση την ημερήσια παροχή, επομένως θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης.

Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση προκύπτει όταν υπάρχει ταυτόχρονη παρουσία του προσωπικού και των φοιτητών όποτε η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση είναι :

$$80 \text{ άτομα} \times (20 \text{ έως } 50) + 1340 \text{ άτομα} \times (5 \text{ έως } 10) = 8.300 \text{ έως } 17.400 \text{ Λίτρα} / \text{ημέρα} \\ = 8,3 \text{ έως } 17,4 \text{ μ}^3/\text{ημέρα}$$

### 3.10.2 Δεδομένα για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης καθαρισμού των υγρών αποβλήτων

Για την διαστασιολόγηση της εγκατάστασης καθαρισμού απαιτούνται η ημερήσια ποσότητα των υγρών αποβλήτων και το ρυπαντικό τους φορτίο το οποίο στην συγκεκριμένη περίπτωση εξομοιώνεται με τα κλασικά αστικά υγρά απόβλητα.

Συνεπώς η εγκατάσταση καθαρισμού θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται 17,4 μ<sup>3</sup>/ημέρα υγρά αστικά απόβλητα.

### 3.10.3 Επιλογή μεθόδου καθαρισμού των υγρών αποβλήτων και διαστασιολόγηση της εγκατάστασης

Επιλέγεται η μέθοδος επεξεργασίας με υπόγειο φίλτρο άμμου διακοπτόμενης τροφοδοσίας (Anderson et al., 1985). Η μέθοδος είναι πολύ απλή και οικονομική και εφαρμόζεται σε πολύ μικρές και μικρές εγκαταστάσεις. Η μορφή της μονάδας φαίνεται στην γενική διάταξη που επισυνάπτεται. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

(1) Δίκτυο συλλογής των υγρών αποβλήτων

(2) Σηπτική δεξαμενή όγκου ίσου με το 150% της μέγιστης ημερήσιας παροχής. ο όγκος της σηπτικής δεξαμενής πρέπει να είναι  $17,4 \times 1,5 = 26,1 \text{ μ}^3$ .

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η υπόγεια σηπτική δεξαμενή θα είναι διαστάσεων

2,50 X 7,00 X 2,5 ΠxΜxΥ με ωφέλιμο όγκο 30 μ<sup>3</sup>

(3) Αντλία τροφοδοσίας του υπογείου φίλτρου από την σηπτική δεξαμενή και ηλεκτρικές δικλείδες διανομής των υγρών αποβλήτων στα τμήματα του υπογείου φίλτρου. Η αντλία είναι παροχής ~ 2 μ<sup>3</sup>/ώρα

(4) Υπόγειο φίλτρο άμμου. Η τυπική διατομή του υπογείου φίλτρου φαίνεται στην εικόνα 3-11, (Anderson et al., 1985). Η απαιτούμενη επιφάνεια είναι 1 μ<sup>2</sup> ανά 60 λίτρα και ημέρα οπότε η επιφάνεια του υπογείου φίλτρου θα είναι  $17400/60 = 290 \text{ μ}^2$ .

Στην συγκεκριμένη περίπτωση κατασκευάζονται 2 φίλτρα διαστάσεων  $9,5 \times 16,0 = 152 \text{ μ}^2$  ανά φίλτρο

(5) Δεξαμενή καθαρών, όγκου 30 μ<sup>3</sup> με αντλία άρδευσης και σύστημα απολύμανσης (χλωρίωσης)

#### 3.10.4 Τρόπος λειτουργίας της εγκατάστασης

Τα υγρά απόβλητα συλλέγονται στην σηπτική δεξαμενή. Στην έξοδο της σηπτικής δεξαμενής υπάρχει υποβρύχια αντλία η οποία μέσω των ηλεκτρικών δικλίδων (στην περίπτωση μας οκτώ δικλίδων) οδηγεί τα απόβλητα εναλλάξ στις οκτώ περιοχές του φίλτρου. Κάθε περιοχή διαβρέχεται για 10 έως 15 λεπτά. Στη συνέχεια η λειτουργία της αντλίας διακόπτεται για 15 ως 30 λεπτά ανάλογα με την ημερήσια παροχή των αποβλήτων. Υπάρχει δυνατότητα ανακυκλοφορίας των καθαρών σε περιόδους μειωμένης παροχής αποβλήτων από το κτίριο. Τις περιόδους κατά τις οποίες το νερό από τα επεξεργασμένα απόβλητα δεν επαρκεί, η δεξαμενή καθαρών νερών, θα τροφοδοτείται και από το δίκτυο ύδρευσης μέσω μιας φλοτεροδικλίδας.

#### 3.10.5 Πλεονεκτήματα του συστήματος καθαρισμού

##### (α) Ποιότητα των καθαρών

Η ποιότητα των καθαρών νερών μετά την επεξεργασία παρουσιάζει ρυπαντικό φορτίο BOD5 μικρότερο από 10 mg/L (Anderson et al., 1985). Σύμφωνα με τη νομοθεσία στην Ελλάδα (ΚΥΑ, 145116/2011) ορίζεται ότι τα καθαρισμένα απόβλητα τα οποία παρουσιάζουν ρυπαντικό φορτίο BOD5 μικρότερο από 10 mg/L μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση πρασίνου ακόμα και βρώσιμων λαχανικών.

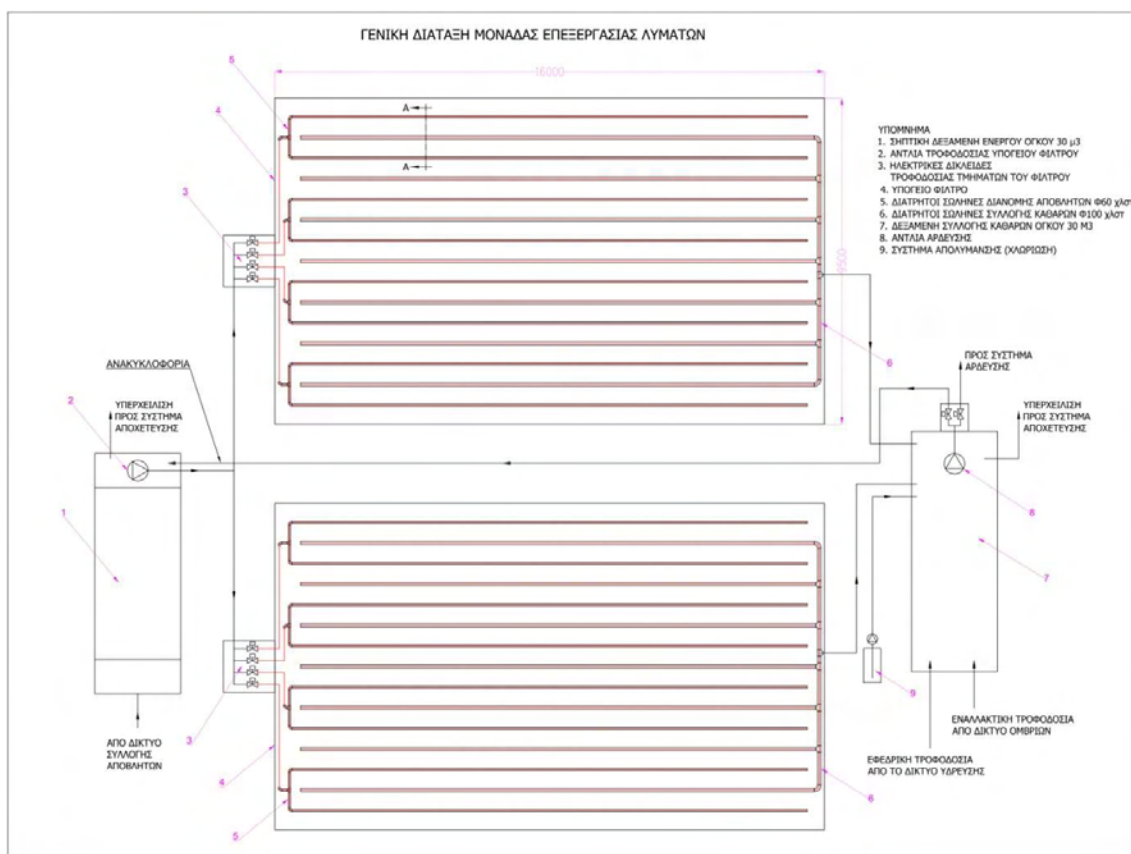
##### (β) Λειτουργία και συντήρηση της εγκατάστασης

Η λειτουργία της εγκατάστασης είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και δεν απαιτεί παρακολούθηση από το τεχνικό προσωπικό του κτιρίου. Υπάρχει απαίτηση επιθεώρησης του εξοπλισμού 1 φορά ανά τρίμηνο και συνεπώς το κόστος λειτουργίας είναι αμελητέο. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία των αποβλήτων και την προώθηση των καθαρών στο σύστημα άρδευσης είναι πολύ χαμηλή και ανέρχεται σε περίπου 0,5 kWh/μ<sup>3</sup> δεδομένου ότι οι μόνες καταναλώσεις είναι οι δύο αντλίες (τροφοδοσίας του φίλτρου και άρδευσης)

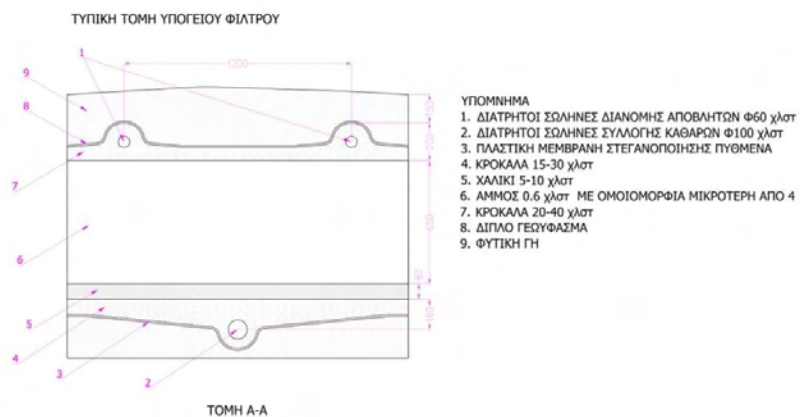
##### (γ) Το κόστος κατασκευής είναι μικρότερο από εκείνο των συμβατικών μεθόδων

(δ) Η επιφάνεια που καταλαμβάνει το φίλτρο μπορεί να φυτευτεί με πράσινο με ρηχό ριζικό σύστημα (γρασίδι, θάμνους)

Το μόνο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η απαίτηση πολλαπλάσιας επιφάνειας εγκατάστασης σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Όμως στην περίπτωση των κτιρίων των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων συνήθως υπάρχει διαθέσιμος χώρος.



Εικόνα 0-1 Γενική διάταξη μονάδας επεξεργασίας λυμάτων



Εικόνα 0-2Τυπική Τομή Υπόγειου Φίλτρου

#### 4 Συμπεράσματα

Η φύτευση αειθαλών δέντρων και θάμνων σχηματίζουν πυκνές ζώνες προστασίας από τους ανέμους. Η διαβάθμιση στα ύψη, έχει ως αποτέλεσμα την αντιμετώπιση των ανέμων από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τα 20-30 μέτρα που πρόκειται να φτάσουν τα δέντρα. Η προστασία από τον άνεμο με φύτευση παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα από τους φράκτες με σκληρές επιφάνειες. Τα δέντρα και οι θάμνοι, ως σύνολο κατευθύνουν τον αέρα ψηλότερα από το κτίριο, αλλά κυρίως μειώνουν την ταχύτητα του. Μέσα από τις διακλαδώσεις τους και τις πολλαπλές επιφάνειες από τα φύλλα, ένα σημαντικό ποσό ενέργειας απορροφάται με αποτέλεσμα η ταχύτητα του ανέμου πίσω από το φυτό φράκτη να μειώνεται. Η μείωση της ταχύτητας είναι διαφέρει ανάλογα με το φυτικό είδος, το σχήμα και την πυκνότητα της κόμης του, το ύψος του δέντρου, την απόσταση από το φράκτη και το ύψος του κτιρίου (Lee et al., 2010; Ko, 2018). Οι πολλές σειρές φύτευσης μπορεί να παρουσιάσουν μείωση στην ταχύτητα του ανέμου έως 50%. Η φύτευση με δύο σειρές σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους, μπορεί να μειώσει την ταχύτητα του ανέμου έως 30% (Bitog et al., 2012). Το γεγονός ότι η επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου παραμένει ίδια και για το καλοκαίρι δυσκόλεψε το σχεδιασμό της βόρειας πλευράς, καθώς και οι δύο εποχές είναι εξίσου σημαντικές για αυτήν την τοποθεσία. Η απόφαση για τη δημιουργία περασμάτων του ανέμου θεωρήθηκε ως η μέση λύση με αρνητικές επιπτώσεις και για τις δύο εποχές. Τα περάσματα του ανέμου οδηγούν στις τρεις βόρειες εισόδους του κτιρίου για τις ανάγκες δροσισμού το καλοκαίρι. Η μείωση της επιφάνειας του κελύφους και τον ανοιγμάτων, που δέχεται τον άνεμο το καλοκαίρι μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη (Ko, 2018). Επιπλέον είναι πιθανό η μείωση της ταχύτητας του ανέμου το καλοκαίρι να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας (Campi & Mastorilli, 2009). Από την άλλη πλευρά, η δημιουργία κενών στους φυτοφράκτες μειώνει την απόδοσή τους επιτρέποντας στον άνεμο να περάσει και να επηρεάσει το κέλυφος του κτιρίου. Επιπλέον επειδή η κίνηση του ανέμου δεν ακολουθεί αυστηρά όρια, είναι πιθανό να επηρεάσει και μεγαλύτερα τμήματα στο κτίριο, πέραν των εισόδων.

Η φύτευση αειθαλών δέντρων και θάμνων στη δυτική πλευρά αναμένεται να μειώσουν σε μικρό ποσοστό την ταχύτητα των Δυτικών ανέμων τον Ιανουάριο, αλλά ταυτόχρονα σύμφωνα με τη προσομοίωση ηλιασμού (Παράρτημα Β) θα μειώσουν την ηλιακή ακτινοβολία και στις δύο περιόδους. Για τη χειμερινή περίοδο δεν αναμένονται σημαντικά θερμικά κέρδη. Αντίθετα, για τη θερμή περίοδο, η σκίαση μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας δύο με τρεις φορές (Ko, 2018). Για την ανατολική πλευρά η απόσταση της φύτευσης από το κτίριο είναι μεγαλύτερη και επιλέχθηκε χαμηλότερη φύτευση

με λίγα μόνο ψηλότερα δέντρα προς τη βόρεια πλευρά για την προστασία από τους Βορειοανατολικούς ανέμους. Στην προσομοίωση της σκίασης η ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται λιγότερο και για τις δύο εποχές. Κατά τη χειμερινή περίοδο, αναμένεται μείωση της ταχύτητας του ανέμου, λόγω της γωνίας πρόσπτωσης του ανέμου στο φυτοφράκτη (Barbosa et al., 2017).

Τα φυλλοβόλα δέντρα της νότιας πλευράς πρόκειται να μειώσουν την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι στο κέλυφος και αλλά κυρίως στις επιστρώσεις των εξωτερικών διαπέδων διότι ο ήλιος διαγράφει σχεδόν κάθετη πορεία. Απαιτούνται πολύ ψηλά δέντρα και σε μικρή απόσταση από την όψη για βέλτιστα αποτελέσματα. Ταυτόχρονα, οι κορμοί και τα κλαδιά των δέντρων που παραμένουν το χειμώνα, θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά 35-50% (Ko, 2018). Η φύτευση μεγάλων φυλλοβόλων δέντρων στις νότιες όψεις συστήνεται στα πολύ θερμά κλίματα που η περίοδος του χειμώνα είναι μικρότερη και ηπιότερη.

Η αύξηση των δέντρων περιμετρικά του κτιρίου μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία αέρα έως και 3 °C κατά τους θερινούς μήνες (Shashua-Bar et al., 2011).

Η δημιουργία αιθρίων πρόκειται να προσθέσει δύο νέες νότιες επιφάνειες στη βόρεια πλευρά του κτιρίου με οριζόντια κινητά στέγαστρα. Αναμένονται θερμικά κέρδη το χειμώνα. Επιπλέον τα αίθρια συνδέουν τις δύο πλευρές διαμορφώνοντας διαμπερή ανοίγματα. Η φύτευση μέσω της εξατμισοδιαπνοής, σε συνδυασμό με τον αερισμό συνεισφέρει σημαντικά στο δροσισμό (Terrados & Moreno, 2014). Αυξάνεται επίσης ο φυσικός φωτισμός στα κεντρικά σημεία του κτιρίου, όπου απουσίαζε. Τα κεντρικά τμήματα του κτιρίου ωφελούνται σε μεγαλύτερο βαθμό σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η επίδραση του αιθρίου στο φυσικό φωτισμό και αερισμό σχηματίζεται διαγραμματικά στο Παράρτημα Β.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται ποσοτικά οι επεμβάσεις που προτείνονται στον περιβάλλοντα χώρο.

Πίνακας 4-1 Τα τετραγωνικά επιφάνειας που μεταβάλλονται πριν και μετά την πρόταση, δε συμπεριλαμβάνεται το τμήμα του γηπέδου με τις βοηθητικές εγκαταστάσεις και το τμήμα που βρίσκονται οι πύργοι της ΔΕΗ, εκτός από την περίπτωση της ασφάλτου.

	Μον. Μέτρησης	Υπάρχουσα κατάσταση	Πρόταση
Δέντρα	τμχ	96	433
Σκίαση από τη βλάστηση	m <sup>2</sup>	4,500	15,000
Χαμηλή φύτευση	m <sup>2</sup>	7,000	7,160
Αίθριο	m <sup>2</sup>	-	300
Διάτρητοι κυβόλιθοι	m <sup>2</sup>	-	3,220
Άσφαλτος	m <sup>2</sup>	10,000	6,780
Στέγαστρα για σκίαση εξωτερικού χώρου	m <sup>2</sup>	-	490
Πλάκες πεζοδρομίου - Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα	m <sup>2</sup>	5,000	-
Κυβόλιθοι από ψυχρά υλικά	m <sup>2</sup>	-	4,000
Βοτσαλωτό Δάπεδο	m <sup>2</sup>	-	1,680
Δάπεδο από σχιστόπλακες	m <sup>2</sup>	-	550
επιφάνεια νερού	m <sup>2</sup>	-	300

Στον περιβάλλοντα χώρο προτείνεται αύξηση στα δέντρα και τους θάμνους κατά 350%. Ταυτόχρονα αυξάνονται κατά 233% τα τετραγωνικά σκιασμένης επιφάνειας. Μικρή αύξηση 2% παρουσιάζεται στις επιφάνειες χαμηλής φύτευσης λόγω της δημιουργίας της νέας πλατείας. Η δημιουργία της πλατείας πρόκειται να προσελκύσει τους χρήστες του κτιρίου στον περιβάλλοντα χώρο και στο νέο φυσικό τοπίο που πρόκειται να διαμορφωθεί. Η βελτίωση του αισθητικού τοπίου συνεισφέρει σημαντικά στις συνθήκες διαβίωσης των ανθρώπων (Τζώρτζη, 2000). Σύμφωνα με μελέτες η αύξηση των δέντρων κατά 25% μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα κατά τους θερινούς μήνες 6-10 °C.

Η αύξηση της βλάστησης σε συνδυασμό με τις επιφάνειες νερού αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες θερμικής άνεσης στον εξωτερικό χώρο μειώνοντας σημαντικά τη θερμοκρασία του κατά τη διάρκεια της ημέρας (Axarli & Chatzidimitriou, 2012).

Σημαντική είναι επίσης η μείωση των τετραγωνικών της ασφάλτου (32%) και η αντικατάστασή της με διάτρητους κυβόλιθους. Οι νέες επιστρώσεις είναι από φυσικές πέτρες με μεγαλύτερη θερμική αδράνεια σε σύγκριση με το σκυρόδεμα (Beckman et al., 2001), καθώς και με ψυχρά υλικά. Το νερό μειώνει την επιφανειακή θερμοκρασία των σκληρών επιφανειών, προσφέροντας ταυτόχρονα δροσισμό λόγω της εξάτμισης (Τιτόνη, 2018).

Τα αειθαλή δέντρα που διαμορφώνουν τη ζώνη προστασίας από το θόρυβο αναμένεται να απορροφήσουν ένα μέρος του θορύβου αλλά δεν παρέχουν ηχομόνωση. Η προσθήκη ηχομονωτικού τοίχου μπροστά από τη φύτευση θα έχει καλύτερα αποτελέσματα. Ταυτόχρονα η φύτευση με τις κατάλληλες συνθήκες ανέμου μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων του δρόμου (Ranasinghe et al., 2019).

Στο πλαίσιο της συνολική διαχείρισης των καταναλώσεων του κτιρίου η επανάχρηση του νερού συνίσταται στη μείωση της κατανάλωσής του για άρδευση και δροσισμό. Το νερό της βροχής καλύπτει τις ανάγκες για δροσισμό και τα υγρά απόβλητα, μαζί με το πλεονάζον νερό της βροχής, θα συνεισφέρουν σημαντικά στις ανάγκες άρδευσης.

Συμπερασματικά, η βλάστηση επιδρά θετικά στις συνθήκες άνεσης του κτιρίου, αλλά δεν επαρκεί για μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Τα φυτικά είδη που προτάθηκαν για τον ανεμοφράκτη μπορούν να μειώσουν την ταχύτητα του ανέμου όταν η σειρά της φύτευσης δεν διακόπτεται. Η περίπτωση των περασμάτων απαιτεί περεταίρω διερεύνηση. Η δυτική πλευρά θα είχε συνολικά μεγαλύτερα θερμικά κέρδη με φυλλοβόλα δέντρα. Η Νότια πλευρά έχει καλύτερα αποτελέσματα με οριζόντια σκίαση σε όλο το μήκος της και μικρότερα φυλλοβόλα δέντρα για τη σκίαση των επιστρώσεων των δαπέδων. Το μήκος προβολής του στεγάστρου θα πρέπει να καλύπτει και τα δομικά στοιχεία ώστε να μην αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Τα ψυχρά υλικά των επιστρώσεων πρέπει να σκιάζονται ή να καλύπτονται τμηματικά με επιφάνειες νερού, ώστε να μειώνεται η ακτινοβολία τους και να μην προκαλούν θάμβωση. Τα φυτικά είδη των χώρων στάθμευσης μειώνουν σημαντικά την επιφανειακή θερμοκρασία των οχημάτων. Η χαμηλή φύτευση, έναντι των σκληρών υλικών συνεισφέρει μέσω της εξατμισοδιαπνοής στις συνθήκες άνεσης τους θερινούς μήνες. Η ασφάλτος πρέπει να σκιάζεται, ώστε να μην αναπτύσσει μεγάλες επιφανειακές θερμοκρασίες. Το νερό αποτελεί σημαντικό στοιχείο δροσισμού και μπορεί να σχεδιαστεί σύμφωνα με τα οφέλη της επανάχρησης του βρόχινου νερού. Τέλος η αύξηση του ποσοστού της βλάστησης συνεισφέρει στις συνθήκες άνεσης του περιβάλλοντα χώρου και βελτιώνει το αισθητικό τοπίο, αυξάνει όμως τις ανάγκες για νερό. Η επανάχρηση των νερού συνεισφέρει στις χαμηλότερες καταναλώσεις νερού, αλλά και στην ανάπτυξη των φυτών.



## 5 Βιβλιογραφία

Alexandri, E. & Jones, P., 2006. Ponds, Green Roofs, Pergolas and High Albedo Materials; Which Cooling Technique for Urban Spaces? In *PLEA2006*. Geneva, 2006.

Anderson, D.L., Siegrist, R.L., Otis, R.J. & Kreissl, J.F., 1985. *Technology assessment of intermittent sand filters*. Cincinnati: Municipal Environmental Research Laboratory, EPA.

Antoniadis, D., Katsoulas, N., Papanastasiou, D. & Kittas, C., 2016. Evaluation of thermal perception in schoolyards under Mediterranean climate conditions. *International Journal of Biometeorology*, 60(3), pp.319-34.

Axarli, K. & Chatzidimitriou, A., 2012. Redesigning Urban Open Spaces Based on Bioclimatic criteria : Two squares in Thessaloniki, Greece. In *PLEA2012-28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture*. Lima, 2012.

Barbosa, C.D.F. et al., 2017. Windbreaks working as barriers to high speed winds for protection of electric power transmission lines and towers. *Engineering Failure Analysis*, 82, pp.753-54.

Beckman, E.P. et al., 2001. *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου, Τόμος Β*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Bitog, B.J. et al., 2012. Numerical simulation study of a tree windbreak. *Biosystems Engineering*, 111(1), pp.40-48.

Campi, P. & Mastrorilli, M., 2009. Effects of tree windbreak on microclimate and wheat productivity in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 30(3), pp.220-27.

Desogus, G., Felice Cannas, L.G. & Sanna, A., 2016. Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture: The Sardinian case study. *Energy and Buildings*, 129, pp.574-88.

Directorate-General for Energy (European Commission) , 2018. *EU energy in figures*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Editor:Asensio, P., 2003. *Garden Design*. Barcelona: teNeues Publishing Group.

Fintikakis, N. et al., 2011. Bioclimatic design of open public spaces in the historic centre of Tirana, Albania. *Sustainable Cities and Society*, 1(1), pp.54-62.

Gildemeister, H., 2004. *Κήποι στο φως της Μεσογείου*. Αθήνα: Εκδόσεις Ποταμός.

Google, 2019. *Google maps*. [Online] Available at: <https://www.google.com/maps> [Accessed 01-30 May 2019].

GoogleEarth, 2018. [Online].

Karakounos, I., Dimoudi, A. & Zoras, S., 2018. The influence of bioclimatic urban redevelopment on outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 158, pp.1266-74.

Ko, Y., 2018. Trees and vegetation for residential energy conservation: A critical review for evidence-based urban greening in North America. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34, pp.318-55.

Lee, K.H., Ehsani, R. & Castle, W.S., 2010. A laser scanning system for estimating wind velocity reduction through tree windbreaks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 73(1), pp.1-6.

Manferto de Fabianis, V., 2008. *Jardins*. Paris: Editions White Star.

Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F.G., Sabio-Ortega, A. & Garcia-Cruz, A., 2015. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, pp.736-55.

Papamanolis, N., 2015. The main characteristics of the urban climate and the air quality in Greek cities. *Urban Climate*, 12, pp.49-64.

Project Coordination: van Uffelen, C., 2010. *1000x Landscape Architecture*. 2nd ed. Braun Publishing AG.

Rabiyanti, Rahmaniar, I. & Putra, J.C.P., 2017. Effect of Acoustic and Thermal Comfort to Support Learning Process in a University. *Procedia Engineering*, 170, pp.280-85.

Ranasinghe, D. et al., 2019. Effectiveness of vegetation and sound wall-vegetation combination barriers on pollution dispersion from freeways under early morning conditions. *Science of The Total Environment*, 658, pp.1549-58.

RHS, 2019. *The Royal Horticultural Society*. [Online] Available at: <https://www.rhs.org.uk/> [Accessed 05-30 MAY 2019].

Roetzel, A. & Tsangrassoulis, A., 2012. Impact of climate change on comfort and energy performance in offices. *Building and Environment*, 57, pp.349-61.

Roetzel, A., Tsangrassoulis, A. & Dietrich, U., 2014. Impact of building design and occupancy on office comfort and energy performance in different climates. *Building and Environment*, 71, pp.165-75.

Roetzel, A. & Tsangrassoulis, A., November 2012. Impact of climate change on comfort and energy performance in offices. *Building and Environment*, 57, pp.349-61.

Rosso, F. et al., 2018. One of the impact of innovative materials on outdoor thermal comfort of pedestrians in historical urban canyons. *Renewable Energy*, 118, pp.825-39.

Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. & Erell, E., 2011. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of climatology*, 31(10).

Stavrakakis, G.M. et al., 2012. A computational methodology for effective bioclimatic-design applications in the. *Sustainable Cities and Society*, 4, pp.41-57.

Terrados, F.J. & Moreno, D., 2014. "Patio" and "Botijo" : Energetic strategies' architectural integration in "Patio 2.12" prototype. *Energy and Buildings*, 83, pp.70-88.

Tsitoura, M., Michailidou, M. & Theocharis, T., 2017. A bioclimatic outdoor design tool in urban open space design. *Energy and Buildings*, 153, pp.368-81.

Yang, W. & Moon, H.J., 2019. Combined effects of acoustic, thermal, and illumination conditions on the comfort of discrete senses and overall indoor environment. *Building and Environment*, 148, pp.623-33.

Αγαπητού, Σ.Η.Κ., 2010. *Η Συμβολή του Αιθρίου στο Βιοκλιματικό Σχεδιασμό*. Διπλωματική Εργασία. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών.

Αδαμάκης, Κ., 2009. *Τα βιομηχανικά κτίρια του Βόλου*. Αθήνα: Πολιτιστικό Ίδρυμα Ομίλου Πειραιώς.

Ανδρεαδάκη, Ε., 2006. *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός*. 12006th ed. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Αζαρλή, Κ., 2009. Ενεργειακός Σχεδιασμός και Ενεργειακή Απόδοση κτιρίων - Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. In *Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων*. Θεσσαλονίκη, 2009. ΤΕΕ, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

Αζαρλή, Κ. et al., 2001. *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου, Τόμος Α*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Βικέλας, Ι. & Σκρουμπέλος, Η., 1997. *Μελέτη διαμόρφωσης πρώην εγκαταστάσεων Ματσάγγου*. Βόλος: Τεχνική Υπηρεσία Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Γεωργακοπούλου - Βογιατζή, Χ., 2008. *Καλλωπιστικά φυτά εξωτερικών χώρων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γαρταγάνη.

ΕΑΑ, n.d. *Διαδραστική Βάση Δεδομένων*. [Online] Available at: <http://meteosearch.meteo.gr/> [Accessed 27 Μάρτιος 2019].

ΕΛΣΤΑΤ, 2014. *ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ*. [Online] Available at: <http://www.statistics.gr/el/home> [Accessed 15 Μάιος 2019].

ΕΜΥ, n.d. [Online] Available at: <http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology>.

ΕΜΥ, n.d. *meteovolos*. [Online] Available at: <http://wordpress.meteovolos.gr/climate/> [Accessed 10 April 2019].

Κτηματολόγιο, Ε., 2019. *Εθνικό Κτηματολόγιο*. [Online] Available at: <http://www.ktimatologio.gr/> [Accessed 01-30 Μάιος 2019].

ΚΥΑ, 145116/2011. *Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων*. Κοινή Υπουργική Απόφαση. Αθήνα.

Μπάρκας, Ν.Κ., 2014. Περιβαλλοντική Ακουστική. In *Αστικές Αναπλάσεις & Πράσινος Σχεδιασμός*. Ξάνθη, 2014. ΠΕΓΑ.

Πατλής, Γ., 2008. *Κήπος & Φυτά*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.

Σιδηρόπουλος, Π., n.d. *Καταναλώσεις*. Σημειώσεις Εργαστηρίου Υδρολογίας και Αναλυσης Υδατικών Συστημάτων. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Τζώρτζη, Ν., 2000. *Η οικολογική αισθητική και λειτουργική συμπεριφορά των δένδρων στην πόλη της Θεσσαλονίκης*. Διδακτορική Διατριβή. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ.

Τιτόνη, Ε., 2018. Το Νερό, Αρχιτεκτονικό Στοιχείο Δροσισμού. *ΚΤΙΠΙΟ*, (8), pp.109-16.

Τομπάζης, Α., 2010. *Οικολογική Σκέψη και Αρχιτεκτονική*. Αθήνα: ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ ΜΕΛΙΣΣΑ.

ΤΟΤΕΕ, 20701-3/2010. *Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών*. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ ΤΕΕ.

Τσίγκας, Ε., 2011. Συνθήκες άνεσης στον εσωτερικό χώρο. *ΚΤΙΠΙΟ*, 4, p.31.

Τσίπηρας, Κ. & Τσίπηρας, Θ., 2005. *Οικολογική Αρχιτεκτονική*. Αθήνα: ΚΕΔΡΟΣ.

Χατζηδημητρίου, Α., 2012. Υλικά Επίστρωσης εξωτερικών δαπέδων & Μικροκλίμα αστικών περιοχών. *ΚΤΙΠΙΟ*, (07), pp.79-84.

## **Παράρτημα Α**

## Ερωτηματολόγιο για τις συνθήκες άνεσης στο χώρο εργασίας σας

\* Required

### A. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

---

1. Ηλικία : \*

2. Φύλλο \*

*Check all that apply.*

☐ Α

☐ Θ

3. Πόσα χρόνια εργάζεστε στο κτίριο; \*

*Check all that apply.*

☐ <1

☐ 1-5

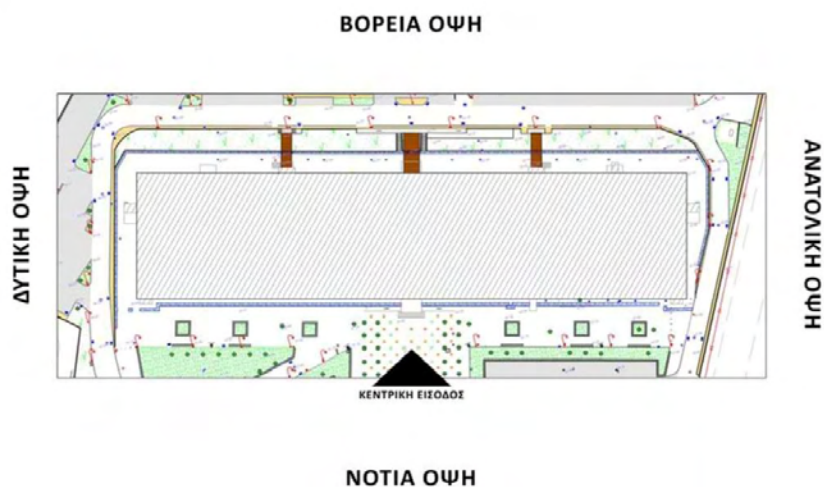
☐ 5-10

☐ >10

Εικόνα 0-1 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 1

4. Που βρίσκεται το γραφείο σας ; \*

Παρακαλώ συμβουλευτείτε την εικόνα για να απαντήσετε, το κτίριο δεν βρίσκεται ακριβώς επάνω στον άξονα του Βορρά, αλλά για λόγους συντομίας και διευκόλυνσης θεωρήθηκε ότι η πρόσθια όψη είναι η Νότια. Σε περίπτωση που ο χώρος εργασίας σας είναι γωνιακός, παρακαλώ σημειώστε και τις δύο όψεις.



Check all that apply.

- ☐ Βόρεια Όψη
- ☐ Ανατολική Όψη
- ☐ Νότια Όψη
- ☐ Δυτική Όψη

5. Όροφος; \*

Check all that apply.

- ☐ Ισόγειο
- ☐ 1ος Όροφος

Εικόνα 0-2 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 2

6. Ποιούς μήνες του χρόνου εργάζεστε στο κτίριο; \*

Check all that apply.

- ☐ Ιανουάριος
- ☐ Φεβρουάριος
- ☐ Μάρτιος
- ☐ Απρίλιος
- ☐ Μάιος
- ☐ Ιούνιος
- ☐ Ιούλιος
- ☐ Αύγουστος
- ☐ Σεπτέμβριος
- ☐ Οκτώβριος
- ☐ Νοέμβριος
- ☐ Δεκέμβριος

7. Ποιά διαστήματα της ημέρας βρίσκεστε συνήθως στο γραφείο σας; \*

Check all that apply.

- ☐ Πρωί (9.00 - 13.00)
- ☐ Μεσημέρι (13.00 - 17.00)
- ☐ Απόγευμα (17.00 - 21.00)
- ☐ Βράδυ (21.00 - 9.00)

8. Υπάρχει παράθυρο στο χώρο που εργάζεστε; \*

Check all that apply.

- ☐ ΝΑΙ
- ☐ Όχι

## B. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ

### 1. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

9. α. Πως αξιολογείτε το επίπεδο θερμικής άνεσης κατά τους χειμερινούς μήνες (Οκτώβριο - Απρίλιο); \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Πολύ κρύο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Πολλή ζέστη

10. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Δυσάρεστα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Άνετα

Εικόνα 0-3 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 3



11. β. Πως αξιολογείτε το επίπεδο θερμικής άνεσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Μάιο - Σεπτέμβριο); \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Πολύ κρύο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Πολλή ζέση

12. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Δυσάρεστα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Άνετα

## 2.ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

13. Πως αξιολογείτε το επίπεδο του φυσικού φωτισμού στο χώρο εργασίας σας; \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Πολύ φωτεινά	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Πολύ σκοτεινά

14. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Μεταβαλλόμενος	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Σταθερός

15. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Προκαλεί θάμβωση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Δεν προκαλεί θάμβωση

## 3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ ΑΕΡΑ

16. α. Πως αξιολογείτε την ποιότητα του αέρα στο χώρο εργασίας ; \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Αποπνικτικός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Φρέσκος

Εικόνα 0-4 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 4

Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 1

17. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Δύσσομος	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Άσσομος

18. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Υγρός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ξηρός

19. β. Πως αξιολογείτε την κίνηση του αέρα στο χώρο εργασίας ; \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Έντονη	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Άπνοια

#### 4. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

---

20. α. Θόρυβος από οδικό δίκτυο \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Υπερβολικός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Καθόλου

21. β. Θόρυβος από το εσωτερικό του κτιρίου; \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Υπερβολικός	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Καθόλου

#### Γ. ΣΥΝΟΛΙΚΑ

---

22. 1. Πως αξιολογείτε το επίπεδο των συνθηκών άνεσης συνολικά στο χώρο εργασίας σας; \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Μη ικανοποιητικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ικανοποιητικό


Εικόνα 0-5 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 5

23. 2. Πιστεύετε ότι οι συνθήκες άνεσης στο χώρο εργασίας σας, επηρεάζουν την αποδοτικότητα σας; \*

Mark only one oval.

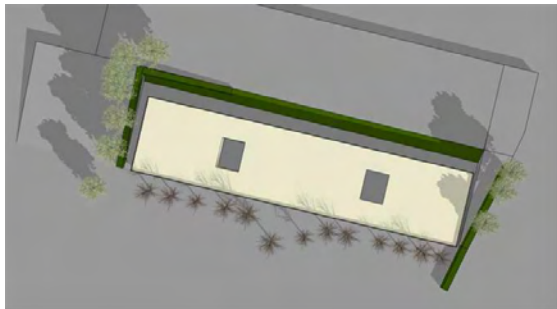
	1	2	3	4	5	
Πολύ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Καθόλου

---

Powered by  
 Google Forms

Εικόνα 0-6 Ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, σελίδα 6

## **Παράρτημα Β**

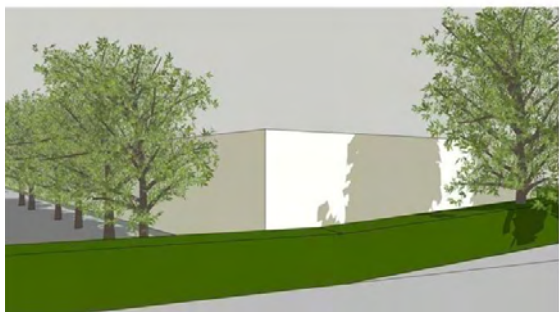


Εικόνα 0-7 Κάτοψη προσομοίωσης ηλιασμού για την ψυχρή και τη θερμή περίοδο. Η επάνω σειρά απεικονίζει τη σκίαση για τις 15/01 στις 10.00, στη 13.00 και στις 16.00, ξεκινώντας από αριστερά. Από κάτω η σκίαση για τις 25/06, για τις ίδιες ώρες.

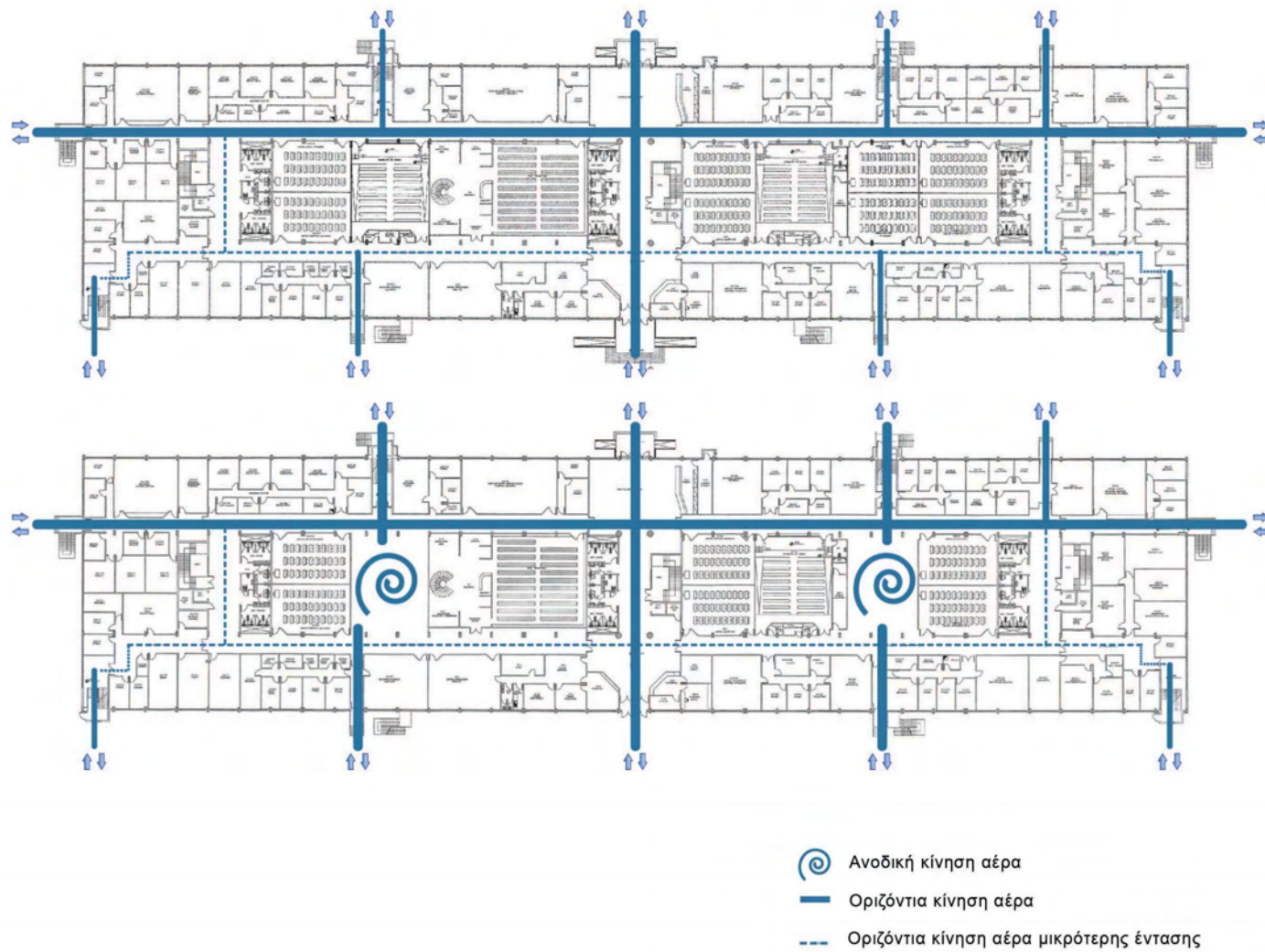


Εικόνα 0-8 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοίωσης ηλιασμού για τις 15/01 στις 10.00, στη 13.00 και στις 16.00 ξεκινώντας από αριστερά. Η επάνω σειρά απεικονίζει τη Νότια και τη Δυτική όψη, η μεσαία τη Νότια και η κάτω σειρά τη Νότια και την Ανατολική όψη.



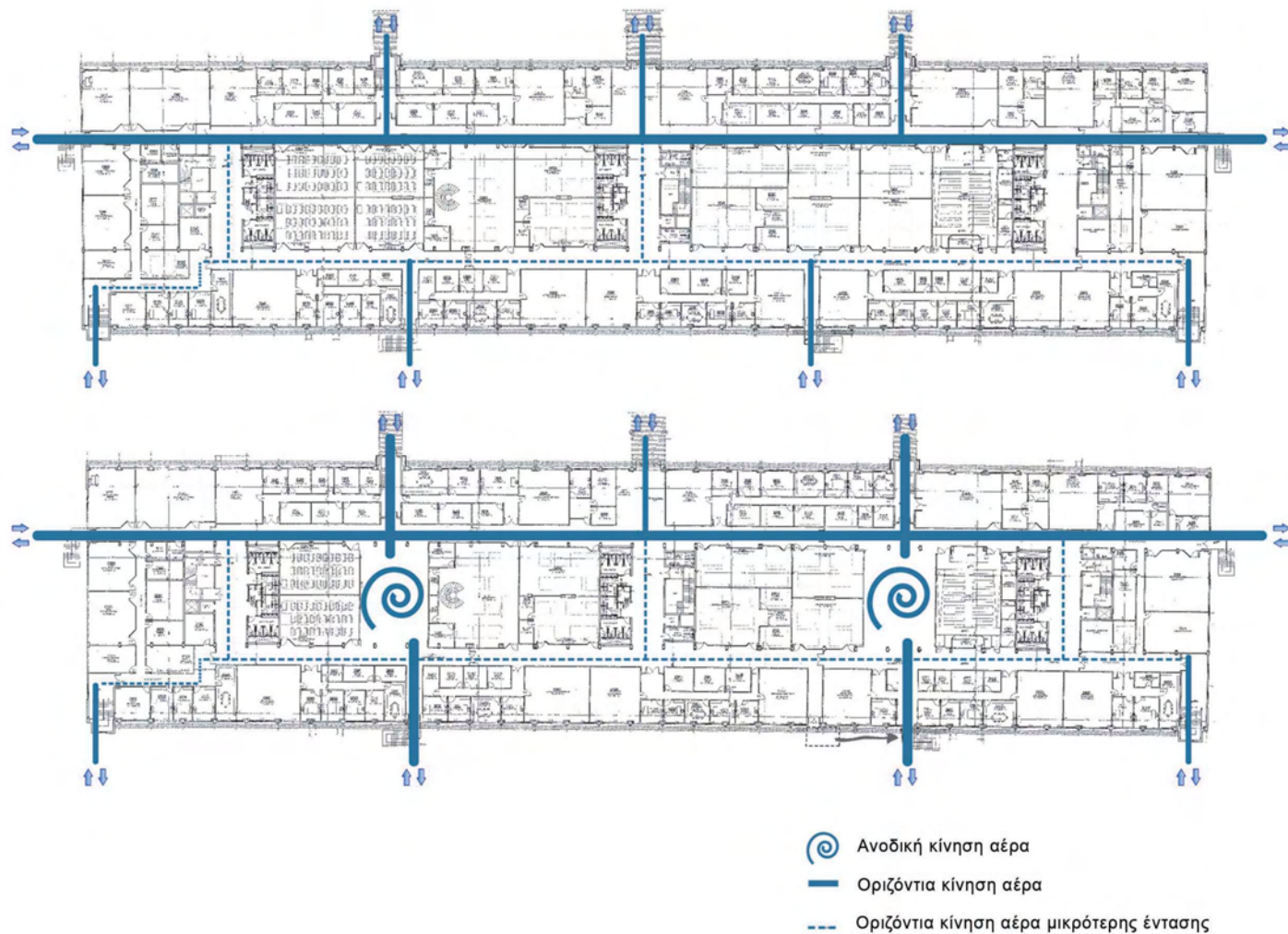


Εικόνα 0-9 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοίωσης ηλιασμού για τις 25/06 στις 10.00, στη 13.00 και στις 16.00 ξεκινώντας από αριστερά. Η επάνω σειρά απεικονίζει τη Νότια και τη Δυτική όψη, η μεσαία τη Νότια και η κάτω σειρά τη Νότια και την Ανατολική όψη.

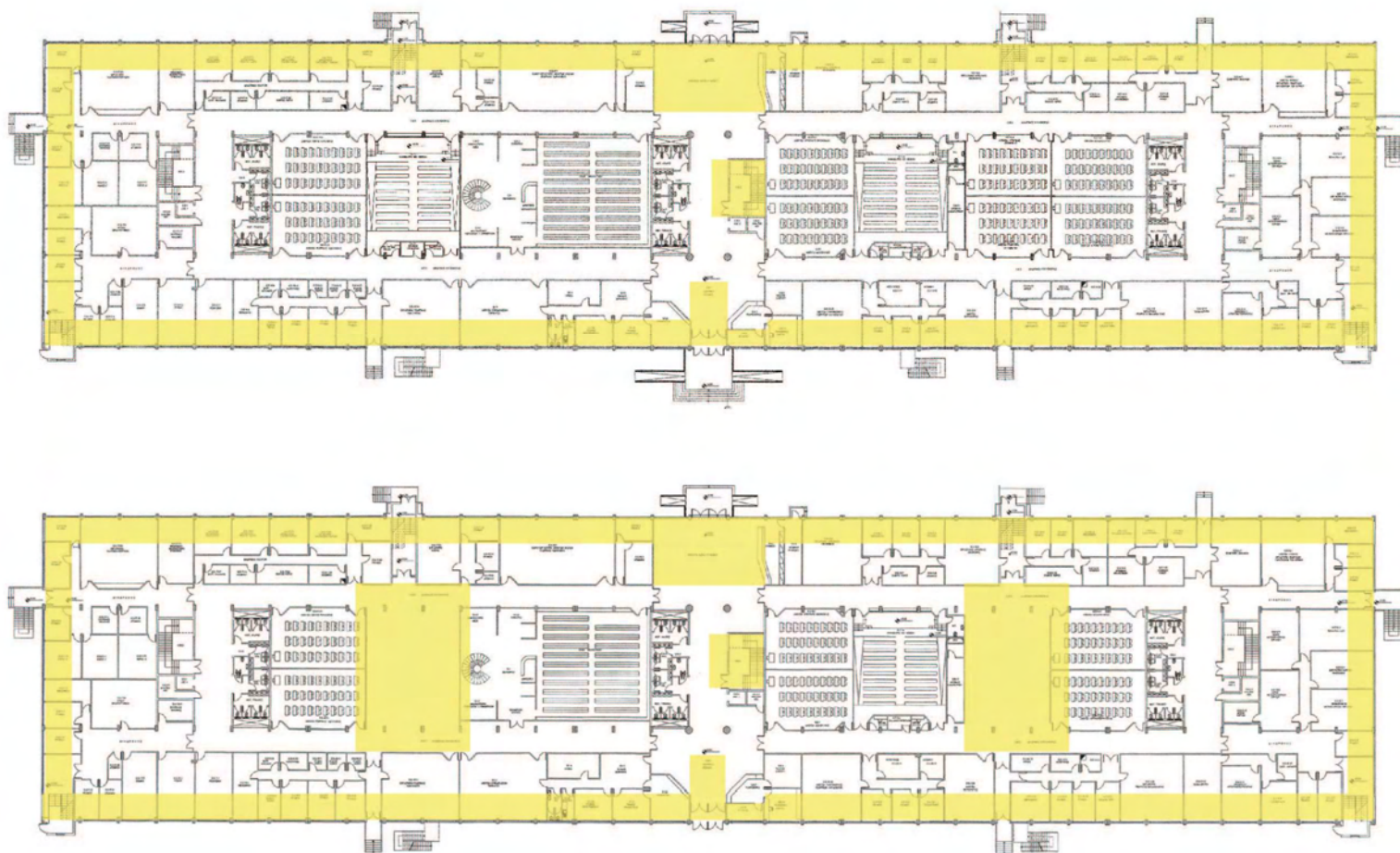


Εικόνα 0-10 Διαγραμματική απεικόνιση της κίνησης του αέρα, πριν και μετά την επέμβαση, στους χώρους του ισογείου



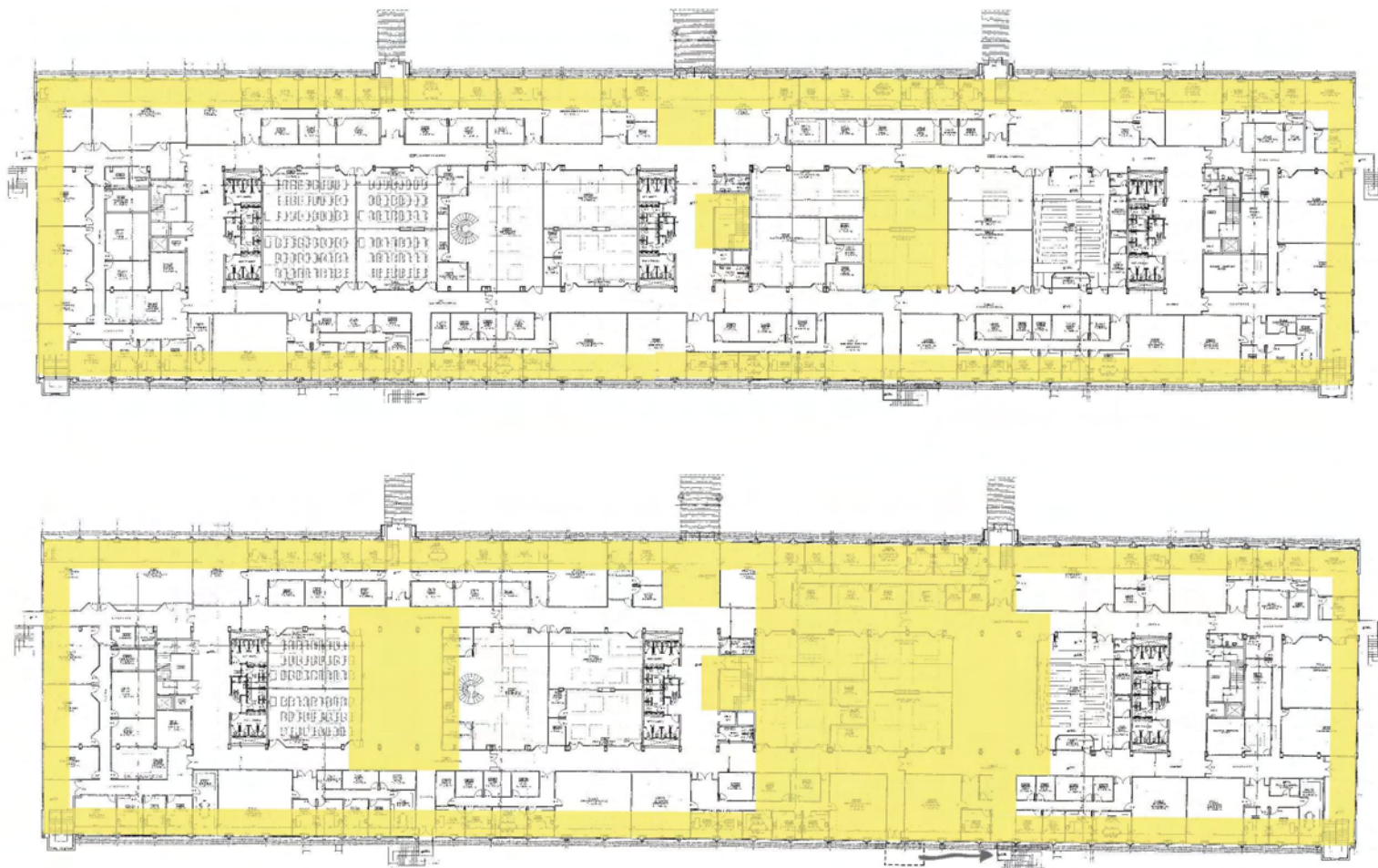


Εικόνα 0-11 Διαγραμματική απεικόνιση της κίνησης του αέρα, πριν και μετά την επέμβαση, στους χώρους του ορόφου



Εικόνα 0-12 Διαγραμματική απεικόνιση των ζωνών φωτισμού πριν και μετά την πρόταση επέμβασης στους χώρους του ισόγειου. Με κίτρινο σημειώνονται οι ζώνες σύμφωνα με τον KENAK





Εικόνα 0-13 Εικόνα 0-14 Διαγραμματική απεικόνιση των ζωνών φωτισμού πριν και μετά την πρόταση επέμβασης στους χώρους του ορόφου. Με κίτρινο σημειώνονται οι ζώνες σύμφωνα με τον KENAK